BHS III 99

Bayerische Stickstoffwerke Aktiengesellschaft
Bibliothek:
Gruppe: III
B. Nr. 99

Des

Chev. F. M. G. de Pambour

practische Abhandlung

über

Dampfwagen auf Eisenbahnen.

Aus dem Englischen.

Besonders abgedruckt aus *Crelle's Journal für die Baukunst, Band X.*

Mit vier Figurentafeln.

Berlin.
Gedruckt und verlegt bei G. Reimer.
1837.

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHEK DER K. B. GENERAL BERGWESEN ADMINISTR.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Der vollständige Titel dieser so eben (Anfangs 1836) zu London erschienenen Schrift ist in seiner ganzen, nach der Gewohnheit englischer Bücher etwas beträchtlichen Länge folgender:

A practical Treatise on locomotive engines upon railways; a work intended to show the construction, the mode of acting, and the effect of those engines in conveying heavy loads; to give the means of ascertaining, on an inspection of the machine, the velocity with which it will draw a given load, and the results it will produce under various circumstances, and in different localities; to determine the quantity of fuel and water it will require; to fix the proportions which ougth to be adopted in the construction of an engine, to make it answer any intended purpose etc. With practical tables, giving at once the results of the formulae; founded upon a great many new experiments, made on a large scale, in a daily practice on the Liverpool and Manchester railway, with many different engines and considerable trains of carriages. To which is added an appendix, showing the expense of conveying goods by locomotive engines on railroads. By the Chev. F. M. G. de Pambour, formerly a student of the Ecole polytechnique, late of the royal artillery, on the staff, in the French service, knight of the royal ordre of the Legion d'honneur etc. during a residence in England for scientific purposes. London: published by John Weale, architectural library, 59, High-Holborn. 1836.

Die Schrift giebt aber in der That nicht allein, was der Titel verspricht, sondern sie handelt auch ihren Gegenstand wirklich practisch und wissenschaftlich zugleich ab: nicht bloſs empyrisch, und auch nicht bloſs mathematisch. Sie hält sich an der Erfahrung und wendet auf dieselbe die Mathematik nur so an, wie es in solchen Fällen immer geschehen sollte, nemlich von derselben nicht sowohl die Form und Formeln, sondern den Geist. Dabei hat sie das Verdienst groſser Deutlichkeit, ohne dieselbe in der Weitschweifigkeit zu suchen, wo sie nicht zu finden ist. Sie läſst sich, weder absichtlich, noch aus Bequemlichkeit, Undeutlichkeit zu Schulden kommen, sondern erzählt dem Leser in einfachen und schlichten Worten, was ihm zu wissen nöthig ist.

Die Schrift ist also als ein gutes Werk in seiner Art zu betrachten. Und da nun ihr Gegenstand das allgemeine Interesse, besonders auch die Geld-Interessen, in gegenwärtiger Zeit in so überaus hohem Grade in Anspruch genommen hat, so glaubt der Herausgeber dieses Journals, daſs es den Lesern desselben angenehm sein werde, wenn er ihnen den Inhalt der Schrift in deutscher Sprache zuführt. Anfangs hatte er die Absicht, nur einen Auszug des Buches auf diesem Wege mitzutheilen; allein er fand beim Durchlesen desselben bald, daſs ein Auszug, ohne Wesentliches wegzulassen, nicht wohl möglich sei. Er giebt also die Schrift ohne alle Weglassungen, und wird, wo es ihm nöthig scheint, einige kurze Bemerkungen hinzufügen. Diese Anmerkungen werden, wie es in diesem Journale gewöhnlich ist, eingeschlossen in eckige Klammern und jedesmal am Ende mit D. H. bezeichnet, des besseren Ansehens wegen, nicht *unter* sondern *in* den Text gesetzt werden.

Gewöhnlich hat dieses Journal, in der letzten Zeit, bei Mittheilung des Inhalts fremdländischer Schriften, die fremden Maaſse, Gewichte und Münzen sogleich auf Preuſsische reducirt, was zur Bequemlichkeit des Lesers wesentlich nöthig zu sein scheint; denn ohne eine solche Reduction ist die Übertragung einer technischen Schrift aus einer fremden Sprache sogar sehr unvollständig, und die Übertragung der fremden Maaſse etc. kann selbst noch nöthiger sein, als die der Worte. Die Reduction wird also auch hier geschehen; jedoch werden die fremden Maaſse etc. da beibehalten werden, wo es nur mehr auf *Vergleichungen* als auf absolute Zahlen ankommt, weil in solchen Fällen die durch die Reduction entstehenden Brüche nur beschwerlich sein würden, die *Vergleichung* aber, ohne die Reduction, dieselbe bleibt. Absolute Zahlen von Maaſsen, Gewichten und Münzen dagegen werden reducirt werden. Man wolle, wo bei solchen Zahlen nicht ausdrücklich Anderes bemerkt ist, überall *Preuſsisches* Maaſs, Gewicht und Geld verstehen. Gerechnet hat man, nach Eytelwein und Nelkenbrecher:

1 Fuſs Englisch zu 0,971145 Preuſsische Duodecimal-Fuſs;
1 Meile Englisch zu 427,3 Preuſs. Ruthen;
1 Pfund Englisch zu 0,96792 Pfund Preuſsisch;
1 Tonne oder 2240 Pfund Englisch *avoir du poids* Gewicht zu 19,71037 Centner Preuſsisch;
1 Pfd. Sterling zu 6 Rthlr. 20 Sgr.

Die Englischen Benennungen technischer Gegenstände werden in der Übersetzung, neben den Deutschen, in Klammern, bemerkt werden; was vielleicht einigen Lesern für andere Fälle nützlich und angenehm sein könnte.

Berlin, im März 1836.

Einleitung.

Es giebt noch keine eigene Schrift über Dampfwagen (*locomotive engines*). Wood, in „*A practical Treatise on Railroads, and interior communication in general; 1st edit. London 1825, and 2d edit. London 1832*" und Tredgold in „*A practical Treatise on Railroads and Carriages, London 1825*" haben zwar in England den Gegenstand berührt, aber nur als dem Hauptobjecte ihrer Schriften, den Eisenbahnen, untergeordnet. Aufserdem schrieben beide zu einer Zeit, wo die Kunst, Dampfwagen zu bauen, noch erst im Entstehen war. Ihre Ideen und Berechnungen, und selbst die Versuche, welche sie beschrieben, passen kaum noch zu dem, was wir jetzt sehen, und können folglich Denen, welche eine nähere Kenntnifs von Dampfwagen und ihrer Benutzung auf Eisenbahnen zu erlangen wünschen, von keinem Nutzen mehr sein. [„Freilich möchte zwar „auch wohl jetzt die Kunst, Dampfwagen zu bauen, noch nicht zur Voll„kommenheit gediehen sein; noch weniger die Kunst, die Kraft der Dämpfe, „oder andere Naturkräfte überhaupt, auf das Vortheilhafteste zum Transport „von Lasten zu benutzen. Indessen mufs man, um wo möglich weiter „zu gelangen, zunächst mit Demjenigen sich bekannt machen, was bis auf „die neueste Zeit gefunden und erprobt worden ist." D. H.]

Manches war bis jetzt noch gar nicht, Anderes unrichtig berücksichtigt worden. Es waren fernere Untersuchungen nothwendig. Man wird daher den Inhalt der gegenwärtigen Schrift von dem der bisherigen Schriften über denselben Gegenstand ganz abweichend finden. Die Schrift wird durchweg nur von der Erfahrung ausgehen. Der Verfasser hat die Versuche, auf welche er sich beziehen wird, durchaus selbst, nach einem neuen Plane und zu seinen eignen Zwecken angestellt. Theorieen werden *nur* auf diese Versuche gegründet werden.

Sollte es beim ersten Blick auffallend scheinen, dafs behauptet wird, es existire noch keine Theorie der Dampfwagen: so wird das Bedenken schwinden, wenn man erwägt, dafs im Allgemeinen die Theorie der Dampf-

maschinen überhaupt, noch keinesweges vollendet ist. Man sollte zwar glauben, es sei über eine Maschine, deren Gebrauch jetzt schon so allgemein geworden und deren Wichtigkeit so sehr groſs ist, längst Alles gesagt und jede nur zu wünschende Erläuterung gegeben worden. Aber daran fehlt viel; und sogar die Art der Wirkung des Dampfes in den Maschinen ist noch keinesweges hinreichend erforscht. Da es nun selbst hieran noch fehlt, so war auch noch natürlich jede treffende theoretische Berechnung unmöglich. Nur Voraussetzungen traten bis jetzt an die Stelle von Thatsachen. Wir haben geschickte Mathematiker analytische Formeln über die Bewegung der Kolben der Dampfmaschinen aufstellen sehen, welche vollkommen richtig sein würden, wenn sich alles, worauf es ankommt, wirklich so, wie sie es annahmen, verhielte; aber da ihre Voraussetzungen nicht richtig waren, so fielen auch die Formeln, der Wirklichkeit gegenüber, wiederum in Nichts zusammen. [„So ist wohl es mit vielen sogenannten Anwendungen der Mathematik auf technische und ähnliche Gegenstände. Die Rechnungen können sehr gut und richtig sein; aber gerade deshalb, weil sie es sind: weil sie in sich so überaus streng richtig und consequent sind, sind die Resultate um so gewisser falsch, sobald die Voraussetzungen falsch oder unvollständig sind. Alle in Betracht kommenden Umstände aber in der Rechnung zu berücksichtigen, ist meistens theils nicht möglich; theils sind gewöhnlich jene Umstände nicht sämmtlich bekannt. Es ist daher eine sehr zweifelhafte Sache um den Werth solcher Anwendungen. Der Mathematik nutzen sie nur zufällig, und in der Technik *schaden* sie leicht sehr. Um die Mathematik und um ihren Werth stände es sogar miſslich, wenn es wahr wäre, wie man zuweilen äuſsern hört, daſs einer ihrer *Haupt*zwecke und ein *Haupt*nutzen derselben, in solchen Anwendungen bestehe. Glücklicherweise ist es nicht so. Der wahre Hauptzweck und der Hauptnutzen der Mathematik ist der, den Verstand zu üben, und ihn an Consequenz zu gewöhnen. Hierin leistet die Mathematik mehr, als vielleicht irgend eine andere Wissenschaft; und so ist ihr Zweck und ihr Nutzen, unabhängig von allen Anwendungen auf sinnliche Gegenstände, groſs und erhaben." D. H.] In der Praxis haben nun, unter solchen Umständen, die Verhältnisse der Maschinentheile nur durch wiederholte Versuche bestimmt werden können, und die Kunst der Construction tappte im Finstern und war auf Nachahmung beschränkt.

Da Dampfwagen die künstlichsten Dampfmaschinen sind, so können wir in der Beurtheilung derselben nicht vorrücken, wenn wir nicht zuvor die Dampfmaschinen überhaupt studiren. Dann aber ist hier der merkwürdige Umstand zu erwähnen, dafs von allen Dampfmaschinen die auf Wagen sich fortbewegenden diejenigen sind, welche am wenigsten zusammengesetzte Widerstände zu überwältigen haben, und deren Kraft also am leichtesten genau sich messen läfst. Dieser Umstand macht sie vorzüglich geeignet, eine Erläuterung der, allen andern Dampfmaschinen gemeinsamen Thatsachen zu gewähren. Ist einmal die Theorie der Dampfwagen hinlänglich festgestellt, so wird sie sich auch auf andere Dampfmaschinen ausdehnen lassen, und insbesondere auf Hochdruckmaschinen.

Wir dürfen uns deshalb auch schmeicheln, dafs unsere Untersuchungen, wenn auch scheinbar nur auf Dampfwagen beschränkt, dennoch zugleich auch zur Erläuterung der Hauptpuncte bei den Dampfmaschinen im Allgemeinen, beitragen werden.

Um den Zweck der gegenwärtigen Schrift näher anzuzeigen, und bemerkbar zu machen, worin sie von ihren Vorgängerinnen sich unterscheidet, wird es nöthig sein, bestimmter auf die Puncte einzugehen, über welche wir neue theoretische und practische Untersuchungen mitzutheilen haben. Es wird sich dann zeigen, dafs jene Puncte fast über den gesammten Gegenstand sich erstrecken.

Bis jetzt hat man gewöhnlich die Spannung des Dampfes im Kessel für unveränderlich gehalten. Sie wurde ein für allemal berechnet, und zwar näherungsweise, aus dem Gewicht des Ventils (*valve*). Eine Menge von Versuchen wird indessen zeigen, wie sehr die Spannung während der Bewegung der Maschine veränderlich ist, und wie nothwendig es ist, diesen Umstand zu berücksichtigen und eine genaue Messung Statt finden zu lassen, wenn nicht die Rechnung auf ganz falschem Grunde ruhen soll.

Für die Vervollkommnung der Messung wird man in unserer Schrift eine Änderung der Federwage (*spring-balance*) vorgeschlagen finden, um die Spannung sicherer zu messen; desgleichen die Beschreibung eines tragbaren Instruments, für jede Maschine passend, zum Ersatz des Quecksilber-Spannungsmessers (*Mercurial-gauge*).

Die Reibung der Bahnfuhrwerke wurde bis jetzt viel zu beträchtlich geschätzt. Dadurch wurde die Berechnung der Kraft der Dampf-

wagen unrichtig. Eine grofse Zahl von Versuchen mit Bahnwagen, mit und ohne Druckfedern *(springs)*, vereinzelt und gekuppelt, wird den wahren Betrag der Reibung näher zeigen.

Die Reibung der Dampfwagen auf den Schienen war bis jetzt fast noch gar nicht ermittelt. Wir haben gesucht, sie durch drei verschiedene Verfahren, die einander zur Prüfung dienen können, zu finden.

Die Reibung *in* der Maschine, welche aus dem Widerstande der Last, die sie fortzieht, entsteht, war noch nie berücksichtigt worden. Wir werden über diesen Gegenstand verschiedene Versuche beibringen.

Die genaue Ermittelung der Spannung des Dampfes in den Stiefeln (Cylindern) der Maschine war nothwendig, um die Art zu erklären, wie fahrende- und Dampfmaschinen überhaupt wirken; so wie, um ihre Kraft unter den verschiedenen Umständen berechnen zu können. Unrichtige Vorstellungen über diesen Punct waren die Ursach aller jener Rechnungsresultate, die die Erfahrung nicht bestätigen wollte. Wir glauben, dafs eine einfache Erklärung dieses Punctes gewissermafsen das gesammte Spiel der Maschinen in's Licht setzen wird.

Über die Verdampfungskraft der Maschinen gab es fast noch keine Versuche, die in Rechnung gebracht werden konnten. Gleichwohl hängt von dieser Kraft zuletzt die der Maschine selbst ab. Man wird in der gegenwärtigen Schrift zahlreiche Versuche an einer Menge von Dampfmaschinen verzeichnet finden.

Eine Formel für die Wirkung einer Maschine von bestimmten Verhältnissen, oder umgekehrt: eine Regel, nach welcher für eine bestimmte Zugkraft und Geschwindigkeit die Maafse einer Maschine gefunden werden könnten, gab es noch gar nicht. Die bisherigen Versuche, durch welche man zu solchen Formeln und Regeln zu gelangen suchte, gaben den Erfahrungen widersprechende Resultate, weil sie nach unrichtigen Grundsätzen angestellt waren. Man hatte sogar als Regel angenommen, dafs die wirksame Kraft einer Maschine nur den dritten Theil ihrer berechneten oder theoretischen Kraft betragen dürfe, während doch offenbar nicht anders als die gesammte Kraft in der Wirkung sich offenbaren kann; und wir werden sehen, dafs es in der That sich so verhält. Diese vermeintliche Regel giebt schon einen hinreichenden Beweis der Unrichtigkeit der gebräuchlichen Rechnungen, die dann auch nur zu Übelständen in der Praxis führen konnten. Man baute Maschinen, ohne im Voraus

ihre Wirkung zu kennen. Man wird sehen, daſs sich durch Einführung eines neuen Elementes in die Rechnung, nemlich der Verdampfungskraft der Maschine, die Aufgabe auf die einfachste Weise lösen läſst. Es lassen sich so durch Rechnung und durch einfache Ausmessungen der Maschine die Zugkraft und die Geschwindigkeit eines Dampfwagens unmittelbar finden; so wie umgekehrt die zu einer bestimmten Wirkung der Maschine nothwendige Gröſse ihrer Theile. Eine groſse Menge von Versuchen, während des gewöhnlichen täglichen Verkehrs angestellt, werden die Genauigkeit der Rechnungsregeln darthun. Dies giebt denn also zugleich die Theorie aller Hochdruckmaschinen.

Auch verschiedene Nebendinge im Mechanismus der Dampfmaschinen waren noch nicht hinreichend untersucht worden. Es wird sich zeigen, daſs dieselben die Maschinen um den vierten Theil ihrer Wirkung schwächen können. Wir werden sie, und besonders das Verweilen des Gleitventils *(lead of the slide)*, der Rechnung unterwerfen, und deren Ergebnisse durch besondere Versuche rechtfertigen.

Der Widerstand in den Krümmungen einer Eisenbahn nahm ebenfalls unsere Aufmerksamkeit in Anspruch. Wir werden diejenige Form der Räder und diejenige Anordnung der Schienen zu bestimmen suchen, durch welche der Widerstand am meisten vermindert wird.

Das Verhältniſs des Bedarfs an Brennstoff *(fuel)* zur Fracht *(load)* war noch nicht näher erörtert worden, und die für dasselbe aufgestellte Regel zeigte sich der Erfahrung nicht gemäſs. Es wird solches auf verschiedene Arten näher ermittelt und die Resultate werden durch Versuche bestätigt werden.

Die auf alle diese Puncte Bezug habenden Versuche sind in groſser Zahl und an zwölf verschiedenen Maschinen angestellt worden.

In der Regel nahm man die meisten Elemente der Beantwortung der zu erörtenden Fragen aus directen Versuchen. Darauf suchte man auf diese Elemente, nach theoretischen Grundsätzen, eine Rechnung zu gründen, und dann unterwarf man die Resultate dieser Rechnung ferneren speciellen Versuchen, um die Rechnung zu prüfen. Um die gefundenen Formeln zu erörtern, sind dieselben jedesmal auf das sorgfältigste einzelnen Anwendungen unterworfen worden; und um endlich die Schrift auch für Diejenigen nutzbar zu machen, welche die Resultate ohne Rechnung

zu haben wünschen, sind nach den Formeln practische Tafeln berechnet worden, für die in der Ausübung am häufigsten vorkommenden Fälle.

Es liegt nicht in unserm Plan, eine vollständige Beschreibung der Maschinen zu geben, noch die Maaſse ihrer einzelnen Theile; wir geben beides nur in so weit, als es zu unsern Zwecken nothwendig ist. Jenes würde uns zu weit führen und mehr für den Bau der Maschinen gehören. So sind denn auch die unserer Schrift beigefügten Figuren nur zur Erläuterung des Textes bestimmt. Für jeden andern Zweck würden sie zu unvollständig sein.

Auf dem unbetretenen Pfade, welchen wir zu gehen hatten, können wir leicht gefehlt haben. Wir behaupten nicht, etwas Vollkommenes geliefert zu haben, und nehmen die Nachsicht wegen etwaiger Mängel in Anspruch, die uns bei der Neuheit des Gegenstandes vielleicht zu Schulden kamen. Der Hauptzweck des Verfassers, in Beziehung auf sich selbst, war, seine Muſse durch eine seiner Neigung gemäſse Bemühung nützlich zu verwenden. Der Verfasser der gegenwärtigen Schrift, von Jugend auf zu andern Beschäftigungen vorbereitet; einer Familie angehörig, die mehrere Generationen hindurch dem Kriegswesen sich gewidmet hatte; Sohn eines Generals der Artillerie, dessen Carriere natürlich auch die seinige bestimmte, würde nicht auf den Gegenstand dieser Schrift gefallen sein, hätten nicht die erstaunlichen Wirkungen der Maschinen, welche er hier abhandelt, ihn in Verwunderung gesetzt und der unverkennbare Einfluſs, den dieselben nothwendig auf die gesammte neuere Civilisation ausüben müssen, seine ganze Aufmerksamkeit in Anspruch genommen. Der Verfasser hofft, daſs seine Arbeit wenigstens weiter die Aufmerksamkeit des Publicums auf seinen Gegenstand lenken werde. Er wird sich freuen, wenn ihm Einiges gelungen sein sollte, und wenn wenigstens Andere, indem sie seine Fehler berichtigen, die Gegenstände weiter aufklären, auf welche er ihre Aufmerksamkeit zu ziehen suchte.

Alle in diesem Werke beschriebenen Versuche sind von dem Verfasser selbst angestellt worden, und zwar mit aller nur möglichen Sorgfalt und Aufmerksamkeit. Bei einigen wirkten verschiedene Ingenieurs von anerkanntem Talent und Geschicklichkeit mit, nemlich die Herren J. Locke, von der groſsen Verbindungs-Eisenbahn, und Herr King von den Liverpooler Gas-Fabriken. Wir geben die Beschreibung der Versuche mit allen ihren Details und so, daſs Jeder die Genauigkeit derselben möge er-

messen können. Wir benennen Ort und Zeit der Versuche, damit sie immer noch durch Nachschlagen der Bücher, in welchen das Gewicht der Ladungen der Wagenzüge vermerkt ist, verificirt werden können.

Wir haben es zu rühmen, daſs uns unsere Bemühungen dadurch sehr erleichtert worden sind, daſs wir von den Vorstehern der namhaftesten, auf unsern Gegenstand bezüglichen Unternehmungen in England bereitwillig die Erlaubniſs erhielten, ohne allen Vorbehalt die Werkstätten zu besuchen, alles auszumessen, alle Nachrichten über die Kostenpuncte zu sammeln und jeden uns nöthig scheinenden Versuch anzustellen. Mit Vergnügen erkennen wir auch hier die Liberalität des englischen Characters an, die uns in unsern Bemühungen so sehr förderlich war.

Besonders sind wir der Freundschaft des Herrn Hardmann Earle, eines der Directoren der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester, mit der wärmsten Erkenntlichkeit verbunden. Seine Gefälligkeit war unermüdlich. Mit allen Eigenschaften eines unterrichteten Mannes ausgerüstet, machte es ihm Vergnügen, an Untersuchungen Theil zu nehmen, die ihm zu den Fortschritten der Kunst dienlich schienen. Sämmtliche Maschinen und Wagen der Liverpooler Bahn stellte er dem Verfasser zur Disposition. Wegen der Schönheit dieser Maschinen, wegen ihrer groſsen Anzahl (denn es sind ihrer nicht weniger als dreiſsig vorhanden), wegen der Sorgfalt, mit welcher man sie erhält, und wegen des unermeſslichen Umfangs des Verkehrs auf der Bahn, der es möglich macht, ohne die geringste Störung zu verursachen, so groſse und so kleine Ladungen auszuwählen, als man will, ist die Liverpooler Bahn vielleicht die einzige in der Welt, auf welcher sich Versuche in groſsem Maaſsstabe mit derjenigen Genauigkeit anstellen lassen, die sonst nur durch Apparate im Kleinen zu erlangen ist. Aus diesem Grunde zogen wir die Liverpooler Bahn allen andern, welche bis jetzt in Frankreich und England in Thätigkeit sind, vor.

Gleiche Bereitwilligkeit fand der Verfasser bei den Directoren der Darlingtoner Eisenbahn. Es wurden ihm von denselben auch interessante Documente in Betreff aller Arten von Reparaturen und Ausgaben bei dieser Eisenbahn mitgetheilt. Wir sind dafür insbesondere dem Herrn J. Pease, jetzigem Präsidenten der Gesellschaft, Dank schuldig; so wie auch Herrn Robert B. Dockray für seine unermüdlichen Aufmerksamkeiten.

Wir sind unsern Gegenstand mit dem angelegentlichsten Interesse, und, wir möchten fast sagen, mit einem wahren Enthusiasmus, wie er ihn in

uns erregte, zu durchforschen bemüht gewesen. Welch ein Gegenstand der Bewundrung ist nicht auch in der That ein solcher Triumph des menschlichen Geistes! Welch ein überraschender Anblick ist nicht ein Dampfwagen, der, mit Leichtigkeit sich fortbewegend, 40 bis 50 beladene Wagen hinter sich herzieht, jeden mehr als 10000 Pfund schwer! Was sind hinfort die schwersten Lasten, für Maschinen, die solche ungeheure Gewichte fortschaffen. Und dabei verschwinden gleichsam die Entfernungen vor Fuhrwerken, welche eine Distanz von 6½ Meilen in 1½ Stunden durchlaufen. Der Boden entfliegt gleichsam unter unsern Augen. Bäume, Häuser, Hügel enteilen mit der Geschwindigkeit eines Pfeils. Und wenn ein Zug einem andern begegnet, so scheint sein Kommen, Nahen und Angelangtsein nur das Werk eines Augenblicks. Kaum noch sehen wir, überrascht, den Zug unter unsern Augen, so ist er auch schon wieder fern, und verschwindet bald, wie ein kleiner Fleck am Horizont.

Anderntheils: wie ermuthigend ist nicht der Erfolg dieser schönen Unternehmungen! Die Liverpooler Bahn trägt 9 pro Cent Zinsen; die Darlingtoner Bahn gleichfalls. Welches Vertrauen in die künftigen Erfolge solcher Werke mufs es nicht erwecken, wenn wir aufserdem vernehmen, dafs die Actien der Liverpooler Bahn in 4 Jahren (nemlich zur Zeit der ersten französischen Ausgabe dieses Buches, Anfangs 1835), von 100 auf 210 und die Actien der Darlingtoner Bahn von 100 auf 300 gestiegen sind! Was darf die bürgerliche Gesellschaft nicht alles für die Folge von dieser neuen Industrie erwarten, welche die Capitalien und den Ertrag des Landes durch ihren unermefslichen Einflufs auf die Beschleunigung und Wohlfeilheit der Transporte zu verzehnfachen im Stande ist!

Inhalts-Verzeichnifs.

Einleitung.

Erstes Capitel.
Beschreibung eines Dampfwagens.

Abschnitt I. *Aufzählung und Beschreibung seiner Theile.*

§. 1. Vom Kessel.
§. 2. Von der Wirkung der Cylinder.
§. 3. Von den Kurbeln und Rädern.
§. 4. Von den Sicherheits-Ventilen.
§. 5. Von den Wasserproben.
§. 6. Vom Gleit-Ventile.
§. 7. Von den excentrischen Scheiben.
§. 8. Von der Auslösung.
§. 9. Von den Wasserpumpen.
§. 10. Vom Dampf-Regulator.
§. 11. Von den Gelenken in den reibenden Theilen.
§. 12. Vom Feuerrost.
§. 13. Von den Stellen, welche die verschiedenen Maschinen-Theile einnehmen.

Abschnitt II. *Von den Verhältnissen der Maschinen-Theile.*

§. 14. Von dem Maafse der Theile, welche die Kraft der Maschine bestimmen.
§. 15. Von den Angaben der Maschinenkraft.
§. 16. Maafse der Esse und des Kessels von 12 der besten Liverpooler Maschinen.
§. 17. Von der Verschiedenheit der Construction der Dampfwagen.

Zweites Capitel.
Von der Spannung der Dämpfe in Dampfmaschinen.

Abschnitt I. *Von Berechnung der Spannung nach Angabe der Hebel- und Federwage.*

§. 18. Von den Grundsätzen, auf welchen diese Berechnung beruht.
§. 19. Von den Hebeln und der Federwage.
§. 20. Von den nöthigen Correctionen der Gewichtsangabe der Federwage.
§. 21. Von dem Dampf-Ventile.

Abschnitt II. *Von dem Quecksilber-Spannungsmesser.*

§. 22. Anwendung und Gebrauch desselben.
§. 23. Von der Spannung der Dämpfe in fahrenden Dampfmaschinen, wenn sie sich fortbewegen
§. 24. Versuche über die Spannung des Dampfes in Dampfwagen.

Abschnitt III. *Von einer neuen Federwage und einem neuen Manometer.*

§. 25. Vorschlag zu einer Veränderung der gewöhnlichen Federwage.
§. 26. Ein neuer tragbarer Manometer zum Ersatz des Quecksilber-Spannungsmessers.
§. 27. Vergleichende Tafel für die verschiedenen Arten der Angaben der Dampfspannung.

Drittes Capitel.
Über die Reibung der Bahnfuhrwerke.

§. 28. Dafs fernere Versuche über diesen Gegenstand nothwendig sind.
§. 29. Angabe über die Reibung durch den Dynamometer.
§. 30. Berechnung der Reibung aus dem Reibungswinkel.
§. 31. Versuche über die Reibung der Fuhrwerke.
§. 32. Tafel der Resultate dieser Versuche.
§. 33. Reibung der Wagen, die in der Mitte eines Zuges fahren.
§. 34. Tafel der Resultate von Versuchen darüber.
§. 35. Erfahrungen über die Reibung der Wagen ohne Federn.

Viertes Capitel.
Über die Reibung oder den Widerstand der Dampfwagen.

Abschnitt I. *Von der Reibung frei fahrender Dampfwagen.*

§. 36. Von den verschiedenen Mitteln, diese Reibung zu finden.
§. 37. Reibung, aus der kleinsten Spannung der Dämpfe gefunden.
§. 38. Desgleichen durch den Dynamometer.
§. 39. Desgleichen aus dem Reibungswinkel.
§. 40. Tafel der Resultate der Versuche über die Reibung der Dampfwagen.

Abschnitt II. *Von der aus dem Widerstande der Fracht herrührenden additionellen Reibung der Dampfwagen.*

§. 41. Wie dieselbe zu berechnen.
§. 42. Versuche über diese Reibung.
§. 43. Tafel der Resultate dieser Versuche.
§. 44. Fernere Erläuterungen über die Art der Berechnung.

Fünftes Capitel.
Allgemeine Theorie der Bewegung der Dampfwagen.

Abschnitt I.

§. 45. Von der Geschwindigkeit der Kolben.

Abschnitt II.

§. 46. Von dem Widerstande der Kolben im Verhältnifs einer bestimmten Zugkraft.

Abschnitt III.

§. 47. Von der Spannung in den Cylindern.

Abschnitt IV. *Von der Verdampfungskraft der Maschinen.*

§. 48. Versuche darüber.

§. 49. Von der Verdampfungskraft auf die Einheit der Fläche.
§. 50. Von der wirksamen Verdampfungskraft der Maschinen.

Abschnitt V. *Von den Verhältnissen der Maschinentheile und den correspondirenden Wirkungen derselben.*

§. 51. Formel für die Geschwindigkeit einer Maschine, die eine bestimmte Last zieht.
§. 52. Formel für die Last, welche eine Maschine mit gegebener Geschwindigkeit fortziehen kann.
§. 53. Von der Fläche, die erhitzt werden muſs, damit eine Maschine eine bestimmte Last mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortschaffe.
§. 54. Von dem Maximo der Ladung einer Maschine für eine bestimmte Dampfspannung.
§. 55. Von der diesem Maximo entsprechenden Geschwindigkeit.
§. 56. Welchen Durchmesser die Cylinder haben müssen, wenn die Maschine ein bestimmtes Maximum der Ladung erreichen soll.
§. 57. Kolbenhub in so bestimmten Cylindern.
§. 58. Durchmesser der Räder für den nemlichen Fall.
§. 59. Desgleichen die wirksame Dampfspannung im Kessel für diesen Fall.
§. 60. Uebersicht der Formeln dieses Capitels.
§. 61. Tafel des unter verschiedenen Graden der Spannung erzeugten Dampfvolumens, nothwendig für die Anwendung der Formeln.
§. 62. Von den Verhältnissen, welche die Theile der Maschinen haben müssen, wenn dieselben mehrere Bedingungen zugleich erfüllen sollen.

Abschnitt VI. *Practische Tafeln der Verhältnisse und Wirkungen der Maschinen.*

§. 63. Tafel des Durchmessers der Cylinder und der Spannung der Dämpfe für ein gegebenes Maximum der Ladung.
§. 64. Tafel des Kolbenhubes und des Räderdurchmessers für den gleichen Fall und für eine gegebene Spannung der Dämpfe.
§. 65. Tafel der Heizfläche für gegebene Geschwindigkeiten und Ladungen.
§. 66. Tafel der Geschwindigkeit für gegebene Ladungen, und umgekehrt.

Abschnitt VII. *Bestätigung der Formeln durch Versuche.*

§. 67. Versuche über die Geschwindigkeit und die Ladung der Maschinen.
§. 68. Geschwindigkeit für den gröſsten Nutzeffect.

Sechstes Capitel.
Von den verschiedenen Nebentheilen der Maschinen und ihren Wirkungen.

Abschnitt I. *Vom Regulator.*

§. 69. Wirkung des Oeffnens des Regulators.
§. 70. Von den Dampfröhren.
§. 71. Tafel der Maaſse der Dampfröhren in einigen Liverpooler Dampfwagen.

Abschnitt II.

§. 72. Vom Blaserohr.

Abschnitt III. *Vom Voreilen des Gleit-Ventils.*

§. 73. Art und Wirkung des Voreilens.
§. 74. Berechnung dieser Wirkung.

§. 75. Versuche darüber.
§. 76. Tafel der Resultate dieser Versuche.
§. 77. Practische Tafel über die Wirkung des Voreilens.

Siebentes Capitel.

Von den Krümmungen der Bahn und den Rampen.

Abschnitt I. *Von den Krümmungen.*

§. 78. Von der conischen Form der Räder und der Erhöhung der Schienen, um die Wirkung der Krümmen zu heben.
§. 79. Practische Tafel über diese Erhöhung der Schienen.

Abschnitt II. *Von den Rampen.*

§. 80. Vom Widerstande der Wagenzüge auf den Rampen.
§. 81. Practische Tafeln darüber.

Achtes Capitel.

Von der Reibung der Räder auf den Bahnschienen.

§. 82. Maafs derselben.
§. 83. Von Dampfwagen auf gewöhnlichen Strafsen.

Neuntes Capitel.

Vom Brennstoff.

§. 84. Verhältnifs des Brennstoffs zur Ladung.
§. 85. Versuche über den Verbrauch von Brennstoff bei den Maschinen.

Anhang.

Kosten der Zugkraft von Dampfwagen auf Eisenbahnen.

§. 86. Kosten der Ausbesserungen der Dampfwagen.
§ 87. Kosten der Erhaltung der Bahn.
§. 88. Kosten der Feuerung.
§. 89. Gesammtheit der Kosten.
§. 90. Ertrag.
§. 91. Ausgaben und Einnahmen auf der Liverpooler Bahn, seit ihrem Bestehen.

Nach dem vorbestimmten Plane dieser Schrift, hoffen wir, werde dieselbe deutlich und methodisch ausfallen.

Wir werden mit der Beschreibung eines Dampfwagens beginnen. Darauf werden wir den Leser mit den Mitteln bekannt machen, die Spannung der Dämpfe genau zu messen, so daſs er, ehe wir weiter gehen, die Elemente kennen lernt, auf welchen die bewegende Kraft unserer Maschine beruht.

Hierauf werden wir unsere Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Widerstände lenken, welche der Dampfwagen bei seiner Fahrt zu überwinden hat. Wir werden den Widerstand der Fuhrwerke, so wie denjenigen des Dampfwagens selbst, zu ermitteln suchen; sowohl in dem Falle, wenn er sich frei bewegt, als wenn er Bahnfuhrwerke fortzuziehen hat.

Nachdem diese Puncte festgestellt sind, werden wir zu der allgemeinen Theorie der Bewegung der Dampfwagen übergehen, und Formeln aufstellen für die einer bestimmten Ladung correspondirende Geschwindigkeit, und umgekehrt; desgleichen für die Verhältnisse der Maschinentheile zu bestimmten Zwecken.

Sodann werden wir verschiedene Nebentheile der Maschine und ihre Einwirkung auf den Effect zu untersuchen haben. Desgleichen verschiedene äuſsere Neben-Umstände.

Endlich werden wir von dem Stützpuncte der Bewegung, nemlich der Reibung der Räder auf den Schienen, zu sprechen haben. Unser letztes Capitel wird Berechnungen des für eine bestimmte Ladung nöthigen Brennstoffes enthalten.

Diese Untersuchungen werden hinreichen, die hauptsächlichsten Fragen zu lösen, welche bei Benutzung der Dampfwagen auf Eisenbahnen vorkommen können.

Es werden mehrere Unter-Abtheilungen der verschiedenen Capitel nöthig sein; so wie Berechnungen und theoretische Erörterungen, von gröſserem oder geringerem Umfange, obgleich alle einfach und leicht; desgleichen eine gröſsere oder geringere Zahl von Versuchen. Die obige Haupt-Eintheilung des Buches aber wird im Ganzen befolgt werden.

Erstes Capitel.

Beschreibung eines Dampfwagens.

Abschnitt I.

Aufzählung und Beschreibung der einzelnen Theile des Wagens.

Fig. 1. Taf. I. stellt einen Dampfwagen von der als der besten anerkannten Einrichtung vor. [„Viele der neuesten Dampfwagen, z. B. alle „diejenigen auf der Eisenbahn zwischen Brüssel und Mecheln, aus engli„schen Fabriken, weichen von den hier vorgestellten Wagen insbeson„dere darin ab, dafs sie 6 Räder haben, nämlich, nicht blofs vor, son„dern auch hinter den grofsen Rädern ein Paar kleinere Räder." D. H.] Der Mechanismus des Wagens ist so einfach, dafs eine kurze Beschreibung hinreichen wird, seine Bewegung zu erklären. Was etwa noch bei dieser Beschreibung undeutlich bleibt, wird aus den Einzelnheiten, die weiterhin zur Sprache kommen, deutlicher werden.

Die Hauptheile der Maschine sind:

Die Esse und der Kessel, zur Erzeugung des Dampfes;

Das Gleitventil und die Stiefel (Cylinder), zum Wirksammachen der Dampfkraft;

Die Kurbeln und Räder, welche die Bewegung von den Kolben auf die Maschine selbst übertragen.

Nachdem wir diese Hauptheile beschrieben haben werden, können wir zu den Nebentheilen übergehen und jedem derselben seine Stelle anweisen.

§. 1.

Vom Kessel (boiler).

Fig. 3. Taf. II. giebt einen vollständigen Begriff von dem Kessel.

Man sieht, dafs der Körper der Maschine aus drei verschiedenen Theilen besteht. Der vordere Theil, rechts in der Figur, welcher den Schornstein *(chimney) C* trägt, ist von den beiden andern durch die Wand *tt* abgesondert. Die beiden andern Theile bilden zusammen den Kessel. Beide sind bis zu einer gewissen Höhe, nemlich bis *cd,* mit Was-

ser angefüllt; jedoch nimmt auch das Feuer einen Theil ihres inneren Raumes ein; wie man sogleich sehen wird.

Der hinterste der drei Theile enthält nemlich einen parallelepipedischen Raum *e*, welcher von dem Brennstoff ausgefüllt wird, und der also die Esse der Maschine ist. Der Raum zwischen den Seitenwänden der Esse und den äufsern Wänden steht in offener Verbindung mit dem übrigen Raume des Kessels, und ist also ebenfalls voll Wasser. Die Esse wird in dem Theile des Wagens, in welchem sie sich befindet, durch starke Bolzen unterstützt und damit verbunden. Diese Bolzen geben diesem Theile des Kessels, welcher, weil er nicht rund ist, weniger Widerstand leistet, als der cylindrische Theil, die nöthige Festigkeit.

Die Esse (*fire-box*) *e* wird also, da sie sich mitten in dem einen Theile des Kessels befindet, von allen Seiten vom Wasser umgeben: blofs an der Einheizthür *l* und am Boden *nn* nicht. Der Boden hat einen Rost (*grate*), von welchem *nn* eine Stange vorstellt. Fig. 4. zeigt den Rost im Querdurchschnitt.

Vor der Einheizthür *l* liegt ein starkes Brett (*board*) *BB* Fig. 1., auf welches sich der Führer der Maschine stellt. Dem Dampfwagen folgt unmittelbar der Munitionswagen (*tender*), welcher jenem Kohlen und Wasser nachführt. Ein Feuerschürer (*fireman*) wirft von demselben die Kohlen durch die Thür *l* in die Esse, und läfst Wasser in den Kessel zu, so oft es nöthig ist. Das Wasser wird vermittelst einer Druckpumpe (*forcing-pump*), welche die Maschine selbst in Bewegung setzt, und von welcher wir unten weiter sprechen werden, in den Kessel geschafft.

Durch die Zwischenräume der Stäbe des Rostes *nn*, die stets offen bleiben, tritt die zum Verbrennen nöthige Luft in die Esse. Die in die Esse geworfenen Cokes fallen auf den Rost und werden von demselben getragen. Nachdem das Feuer angeschürt und die Heizthür verschlossen worden ist, befindet sich die Flamme gänzlich in der Esse eingesperrt. Sie nimmt dann ihren Ausweg durch eine Menge kleiner Röhren *e′*, *e′*, welche man noch deutlicher in Fig. 4. sieht. Diese Röhren führen sie, den ganzen zweiten Theil des Kessels entlang, in den Schornstein.

Man sieht hieraus, dafs, da das Feuer ganz von der Esse eingeschlossen und überall vom Wasser umgeben ist, gar keine Heizkraft desselben verloren geht. Sodann vertheilt sich die Flamme, auf ihrem Wege nach dem Schornstein, auf die vielen, oben gedachten kleinen Röhren.

Sie durchkreuzt also das Wasser im Kessel; und da die Röhren zusammen eine grofse äufsere Berührungsfläche gegen das Wasser haben, so gelangt die Flamme nur erst, nachdem sie so viel Hitze als nur möglich an das Wasser abgesetzt hat, in den Schornstein. Nachdem die Flamme an das Ende der Röhren *e′, e′* gelangt ist, befindet sie sich in dem dritten Theile des Kessels, und entweicht nun frei durch den Schornstein *C.*

Die Hitze wird also hier auf zwei verschiedene Arten benutzt. Das Wasser nemlich, welches die Esse umgiebt, ist in unmittelbarer Berührung mit der Hitze des Feuers und also der Wirkung der *strahlenden* Wärme ausgesetzt. Dagegen empfängt das im mittleren Theile des Kessels befindliche Wasser die Wärme nur durch die Berührung der Flamme und der aus der Esse entweichenden heifsen Luft. Es ist also *dort* der Wirkung der Wärme durch *Mittheilung* unterworfen.

Es ist hier zu bemerken, dafs die Einrichtung des Kessels mit den vielen Röhren, welcher die gegenwärtigen Dampfwagen insbesondere ihre ungemeine Kraft verdanken, eine *Französische* Erfindung ist. Die Idee dazu gehört Herrn Seguin, Civil-Ingenieur und Fabricanten zu Annonay. Herrn Seguins Patent ist vom 22. Februar 1828, und erst am 25. April 1829 lenkte das Comité der Liverpooler Eisenbahn die Aufmerksamkeit der Englischen Mechaniker auf die Dampfwagen, durch Aussetzung eines Preises. Erst am 6ten October 1829 wurde von den Herren Stephenson und Booth der *Rocket* präsentirt, der ganz nach Herrn Seguins Prinzip erbaut war. Wir wollen durch diese Bemerkung Herrn Booths Verdienst nicht schmälern. Es ist nicht das erste Mal, dafs zwei sinnreiche Personen zugleich, auf eine und dieselbe Idee gefallen sind. Aber aus den obigen Daten sieht man, dafs die Priorität der Idee dem Französischen Ingenieur gebührt. Die Thatsache kann in England leicht dargethan werden. Man darf nur in einer der folgenden Schriften, die sicherlich in dem Brittischen Museum, oder in andern gröfsern Englischen Bibliotheken zu finden sein werden, die Beschreibung des Patents nachschlagen; nemlich: in den *Annales de l'industrie française et étrangère, 1828;* in dem *Bulletin de la société d'encouragement etc., 1828;* oder in der *Description des machines et procédés consignés dans les brevets d'invention etc.* Dieses letzte Werk citiren wir nur im Voraus, weil es nur die Beschreibung *abgelaufener* Patente giebt. Herrn Seguins Patents wird darin nicht vor 1838 gedacht werden.

§. 2.

Von der Wirkung der Cylinder.

Den zweiten wesentlichen Theil der Maschine machen die *Cylinder* (Stiefel) mit dem *Gleitventil* oder *Schieber* (*slide*) aus. Auch von diesem Theile die Anordnung zu zeigen, ist Fig. 3. bestimmt.

Im Innern des oben von den Dämpfen eingenommenen Theils des Kessels befindet sich eine weite Röhre *VV'*. Sie ist an ihrem einen Ende offen, und leitet die Dämpfe nach den Cylindern. Bei *V'*, im Innern der Röhre, ist ein Hahn (*cock*) oder Regulator, aufserhalb des Kessels durch den Griff (*handle*) *T* drehbar. So wie man den Hahn mehr oder weniger umdreht, wird den Dämpfen der Ausgang mehr oder weniger geöffnet.

Der Dampf, welcher in dem Kessel in grofser Menge erzeugt wird, nimmt, wenn er nicht entweichen kann, eine starke ausdehnende Kraft an. Öffnet man darauf den Hahn *V'*, so dringt der Dampf [von oben] durch die Öffnung *V* in die Dampfröhre, und diese führt ihn nach der Mündung *v* des Schieber-Gehäuses (*valve-box*). Hier öffnet der Schieber *x*, welcher durch die Maschine selbst in Bewegung gesetzt wird, dem Dampfe den Eingang in die [beiden] Cylinder, abwechselnd nach dem einen und dem andern Ende derselben hin. Die [beiden] Cylinder liegen horizontal auf dem Boden des Schornsteintheils der Maschine, wo das Spiel der Flamme an den Wänden dieses Theils, den Dampf heifs erhält und ihn gegen die Abkühlung durch die äufsere kalte Luft schützt.

Die Pfeile zeigen in der Figur die Richtung der Bewegung der Dämpfe an, von ihrem Eintritt bei *V*, bis zu dem Schiebergehäuse. So wie hier die Lage des Schiebers gezeichnet ist, ist dem Dampfe der Eintritt 1 in den Cylinder offen, und es wird folglich der Kolben (*piston*) in der Richtung des Pfeils fortgetrieben. Im nächsten Augenblick öffnet sich der Eintritt 2, und darauf treibt der Dampf den Kolben nach der entgegengesetzten Seite hin. Nachdem der Dampf seine Wirkung vollbracht hat, tritt er in die Röhre *v'*, und wird durch dieselbe in den Schornstein und durch diesen in die freie Luft geleitet.

Die Eintrittsstelle *V* des Dampfes in die Dampfröhre ist deshalb angemessen *hoch* angeordnet, damit nicht das in dem Kessel beim Sieden aufwallende und von der Maschine geschüttelte Wasser durch die Eintrittsöffnung des Dampfes in die Dampfröhre gerathe.

§. 3

Von den Kurbeln (cranks) *und den Rädern* (wheels).

Die auf die beschriebene Weise in Bewegung gesetzten Kolbenstangen (*piston-rods*), welche durch feste Lager (*guides*) an jeder Abweichung von der geradlinigen Bewegung gehindert werden, theilen nun der Achse (*axle*) der beiden hinteren Räder des Wagens eine drehende Bewegung mit. Die Verwandlung der hin- und her gehenden Bewegung der Kolbenstangen in die drehende Bewegung der Achse, geschieht, auf die Weise, wie bei den gewöhnlichen Spinnrädern, durch eine Kurbel an der Achse. Man sieht diese Anordnung in Fig. 3. So wie der Dampf die Kolbenstange hin und her treibt, dreht er die Kurbel *yz* um, und vermittelst dieser die Achse und die Räder, welche an der Achse *fest* sind. Da es nun aber in dem Umlaufe der Kurbel zwei Puncte giebt, in welchen die auf sie wirkende hin- und her ziehende Kraft die Kurbel eben sowohl weiter als zurück drehen könnte, nemlich diejenigen beiden Puncte, die in der durch den Umdrehungspunct der Kurbel gehenden Richtung der Kolbenstange liegen: so sind die den *beiden* Kolbenstangen correspondirenden *zwei* Kurbeln so mit der Achse verbunden, dafs sie in einem *rechten Winkel* gegen einander stehen. Auf solche Weise empfängt nun jedesmal die eine Kurbel dann die volle Wirkung des Dampfes, wenn derselbe auf die andere, ihrer Lage wegen, gar nicht wirkt; und die Kraft der Maschine bleibt stets unverändert. [„Dieses letzte ist nun wohl nur näherungsweise „der Fall; denn weder die Kraft des Dampfes ist unveränderlich, noch „würde, bekanntlich, selbst dann, wenn sie es wäre, ihre Einwirkung auf „die beiden Kurbeln, in ihren verschiedenen Lagen, dieselbe sein. Die Ver„änderlichkeit der Kraft der Maschine wird nur durch das Beharrungsver„mögen der in Bewegung gesetzten Masse ausgeglichen, was sonst bei Kur„beln noch besonders durch ein Schwungrad unterstützt zu werden pflegt. „Näher würde die Art der Wirkung der Dampfkraft der Unveränderlich„keit kommen, wenn statt zweier, drei Cylinder und drei Kurbeln vor„handen wären, welche mit einander Winkel von 60 Graden einschlös„sen. Aber die Maschine würde dadurch vielleicht zu schwer und künst„lich werden." D. H.]

Da die beiden Cylinder, wie oben gesagt, unter dem Kessel liegen, so stehen die Kolbenstangen, unter dem Wagen, direct mit den Kurbeln in Verbindung; wie es auch die Figur zeigt. Die in Bewegung gesetzte

Kurbel-Achse dreht sich nun mit den Rädern, mit welchen sie nur eine Masse ausmacht, zugleich herum, und der Wagen wird auf die Weise fortgetrieben, wie, wenn man die Räder durch Eingreifen in ihre Speichen herumdrehte.

Da der einzige Stützpunct (*fulcrum*) der Bewegung der Widerstand ist, den die Räder auf den Bahnschienen finden, von welchen sie getragen werden, welcher Widerstand sie nun zwingt, fortzurollen, statt, an derselben Stelle bleibend, gleitend sich zu drehen: so könnte es zweifelhaft scheinen, ob auf einer so glatten Fläche, wie die der Schienen, die zum Umdrehen gezwungenen Räder dennoch nicht gleiten würden, anstatt fortzurollen: besonders dann, wenn der Dampfwagen bedeutende Lasten fortzuziehen hat. Allein die Erfahrung lehrt, dafs die Reibung der Räder auf den glattesten Schienen, so gering sie auch sein mag, dennoch, weil auch die zum Fortziehen der Lasten auf der Schienenbahn erforderliche Kraft nur gering ist, hinreicht, den Dampfwagen, mit allen Fuhrwerken, die er nach sich zieht, fortrollen zu machen.

In den meisten Fällen ist die Reibung blofs zweier Räder auf den Schienen zum Stützpunct der Zugkraft hinreichend; besonders bei Dampfwagen, deren Gewicht so vertheilt ist, dafs *zwei Drittheile desselben* auf den ziehenden Rädern [„nämlich denen mit der Kurbel-Achse," D. H.] ruhen. Ist eine bedeutendere Zugkraft nöthig, so macht man die vier Räder einander gleich. Für dergleichen Fälle kann man, wenn es nöthig ist, die vorderen Räder mit den hinteren durch metallene Stangen aufserhalb der Räder, nemlich jedes Vorderrad mit dem correspondirenden hintern Rade, in Verbindung setzen, oder kuppeln. Eine solche Kuppelstange (*connecting-rod*) sieht man in Fig. 6. *C* ist die Verlängerung der Kurbel-Achse aufserhalb des Wagens. Ein neuer Kurbel-Arm *Co* ist an diese Verlängerung der Achse befestigt, und wird also durch die Achse herumgedreht. In *o* befindet sich ein hohler Kugelzapfen (*a bal and socket joint*). Bei *m* leitet ein Heber mit baumwollnem Docht (*a cotton-wick syphon*) das Öl in den Zapfen. *n*, *n* sind Schlüssel (*keys*) oder Keile, um die Verbindungsstange zu verkürzen, oder zu verlängern. An ihrem andern Ende ist die Stange auf gleiche Weise mit dem Kurbelarme des andern Rades verbunden. Wenn also nun die Kurbel-Achse *C*, und folglich die Kurbel *Co*, herumgetrieben wird, so theilt sie ihre Bewegung, vermittelst der Verbindungstange und der Kurbel an der Vorder-Achse, auch dieser mit.

Die Kraft der Maschine wird so von den beiden hinteren Rädern auch auf die beiden vorderen übertragen, und es reiben sich nun alle vier auf den Schienen. [„Wenn die vorderen Räder des Dampfwagens nicht an die „hinteren gekuppelt sind, so muſs derjenige Theil des Gewichts des Wa„gens, der auf den vorderen Rädern ruht, durch die Kraft der hinteren „Räder ebenfalls noch fortgeschafft werden, so daſs dieses Gewicht dann „noch zu demjenigen des Munitionswagens und der fortzuziehenden Bahn„fuhrwerke, welche alle keinen Stützpunct für die fortzuziehende Kraft „gewähren, *hinzukommt;* die Reibung der hinteren Räder auf den Schie„nen, welche dem auf ihnen ruhenden *Theile* des Gewichts des Wagens „entspricht, muſs also dann *allein* der zum Fortziehen der gesammten, „wie vorhin bemerkt noch durch den auf den vorderen Rädern ruhenden „Theil des Gewichtes des Dampfwagens selbst, verstärkten Last gewachsen „sein. Sind hingegen die vorderen Räder mit den hintern gekuppelt, so „entspricht die Reibung der Räder des Dampfwagens auf den Schienen „dem *ganzen* Gewichte des Fuhrwerks, und folglich ist dann der, der „Zugkraft zum Stützpunct dienende Widerstand *stärker,* als vorhin; diejenige „Last hingegen, welche der fortziehenden Kraft keinen Stützpunct gewährt, „ist noch auſserdem um das Gewicht des auf den vordern Rädern ruhenden „Theils des Dampfwagens *geringer.* Also wird durch die Kuppelung der „Räder die Wirkung des der fortziehenden Kraft zur Stütze dienenden „Widerstandes, wenn gleich auch nicht die fortziehende Kraft selbst, auf „*doppelte* Weise verstärkt."

„Hat der Dampfwagen sechs statt vier Räder, und könnte man viel„leicht noch, durch Stellschrauben, das Gewicht des Wagens nach Belie„ben auf die Räder vertheilen, so würde sich der von der Reibung auf „den Schienen herrührende, der Zugkraft zum Stützpunct dienende Wi„derstand beliebig modificiren lassen: von Null an, bis zu der dem ge„sammten Gewichte des Wagens entsprechenden Reibung; letzteres durch „Kuppelung der Räder. Man würde dann, ohne die Dampfmaschine zu „hemmen, den Dampfwagen sogar ganz *unwirksam* machen und ihn völlig „zum *Stillstehen* bringen können: dadurch nemlich, daſs man seine ganze „Last von den mittlern Rädern abhöbe und auf die vier übrigen, losgekup„pelten Räder legte; was bei vierrädrigen Wagen nicht angeht." D. H.]

Damit im Fahren der Dampfwagen nicht von den über dem Boden erhöht liegenden Bahnschienen heruntergleiten könne, haben seine Räder

an der innern Seite einen vorstehenden Rand oder Spurkranz (*flange*), welcher sie am Ausgleiten nach den Seiten hindert. Damit nun aber dieser Rand nicht fortwährend seitwärts an den Schienen sich reiben möge, sind die Räder neben dem Rande nicht vollkommen cylindrisch, sondern ein wenig conisch; und zwar ist zunächst an dem Spurkranze ihr Durchmesser ein wenig gröſser, als auſserhalb. Die Folge davon ist, daſs, wenn zum Beispiel der Wagen ein wenig links gedrängt wird, das linkseitige Rad, welches nun mit einem *gröſsern* Durchmesser aufruht, dieserhalb einen *längern* Weg durchlaufen muſs, als das rechtseitige Rad; wodurch denn der Wagen auf den Schienen schnell wieder in seine gehörige Lage zurückgebracht wird. Man sieht so geformte Räder in Fig. 2. Taf. II. [„Indessen gleitet dann wohl der Wagen, vermöge seines Schwunges, erst „wieder zu weit rechts ab; und nur nach wiederholtem Rechts- und Links-„Abgleiten kann er erst wieder in das richtige Geleis zurück gelangen. „In der Regel bewegen sich auch die Bahnfuhrwerke auf den Schienen „fast nie ganz gerade aus, sondern beschreiben immer eine, abwechselnd „rechts und links ausweichende, obwohl sehr langgestreckte Schlangenlinie."

„Ein Vorzug der sechsrädrigen Dampfwagen vor den vierrädrigen „ist auch, daſs die mittleren, hauptsächlich und in der Regel den gröſsten „Theil des Gewichts des Wagens tragenden Räder *gar keines* Spurkranzes „bedürfen, sondern vollkommen cylindrisch sein können, so daſs also die „Reibung an den Schienen von der Seite geringer ist. Denn nur die übri-„gen vier Räder, die in der Regel weniger belastet sind, bekommen Spur-„kränze; und diese Räder allein sind, wie die Erfahrung zeigt, hinlänglich, „den Dampfwagen in dem richtigen Geleise zu halten." D. H.]

§. 4.

Von den Sicherheits-Ventilen (safety-valves).

Die drei bis jetzt beschriebenen Theile eines Dampfwagens sind es hauptsächlich, auf welchen seine Wirkung beruht. Die übrigen Theile sind nur mehr Nebendinge, und nur bestimmt, die durch die Haupttheile hervorgebrachte Kraft der Maschine zu lenken und wirksam zu machen.

Der Kessel hat zwei Sicherheits-Ventile *E* und *F* (Fig. 1. und 3.). Eins derselben ist zuweilen in einer Kapsel verschlossen, damit der Führer der Maschine auſser Stande sei, es zu überladen; wozu er versucht werden möchte, in der Absicht, die Kraft der Maschine zu verstärken,

selbst auf die Gefahr, sie zu beschädigen. In der Regel aber verzichtet man auf diese Anordnung, wegen der sonstigen damit verbundenen Übelstände.

§. 5.

Von dem Wasser-Visirstabe (water gauge).

An dem Kessel befindet sich eine Visirröhre, welche die Höhe des Wassers im Kessel anzeigt. Sie besteht aus einer Glasröhre *mn* Fig. 7. Taf. II., deren Enden in Kapseln (*verrels*) *a*, *a* stecken, mit Hähnen, welche die Röhre mit dem Innern des Kessels in Verbindung setzen, und die außerhalb gedreht werden können; wie es die Figur zeigt. Sobal die beiden Hähne *r*, *r*, ober- und unterhalb geöffnet werden, tritt das Wasser aus dem Kessel in die Röhre, und so hoch hinauf, wie es im Kessel steht. Durch den Hahn *s* kann das Wasser aus der Röhre abgelassen werden. Diese Visirröhre hat den Zweck, daſs der Führer der Maschine sehen könne, ob es nöthig sei, Wasser aus dem Munitionswagen in den Kessel zu schaffen. Da indessen die Röhren im Kessel und die übrigen Theile desselben zu sehr leiden, wenn das Wasser darin fehlt, und der Kessel dann sogar bersten kann: so befinden sich, zu noch gröſserer Vorsicht, an den Seiten des Kessels zwei, und zuweilen drei kleine Hähne, in verschiedener Höhe, die, wenn man sie öffnet, den Wasserstand im Kessel noch zuverlässiger anzeigen.

Eben so, wie es nöthig ist, stets die Höhe des Wasserstandes im Kessel zu kennen: eben so nothwendig ist es auch, von der jedesmaligen Spannkraft der Dämpfe im Kessel unterrichtet zu sein. Denn wäre diese Kraft zu schwach, so würde die Maschine nicht die gehörige Wirkung haben. Da indessen dieser Gegenstand eine ausführlichere Auseinandersetzung erfordert, so werden wir ihm ein besonderes Capitel widmen.

§. 6.

Von den Schiebern (slides).

Über die Schieber ist Folgendes zu bemerken. Wir sagten oben, daſs das Schiebeventil den Dampf abwechselnd nach der einen und nach der andern Seite des Kolbens zuläſst; was die hin- und her gehende Bewegung der Kolben, und weiter das Fortrollen des Wagens hervorbringt. So wie nun der Maschinenmeister den Hahn oder Regulator (*T*, Fig. 3.) geöffnet hat, strömt der Dampf durch die Dampfröhre *v* nach dem Schiebeventil-Gehäuse Fig. 8. Taf. III. Daselbst drückt er mit seiner ganzen

Kraft auf den oberen Theil *x* des Schiebers, und prefst denselben während seiner Bewegung auf die Ebene an, auf welcher er gleitet. Wenn sich der Schieber in der in der Figur vorgestellten Lage befindet, so nimmt der Dampf den Weg 1, drückt auf den Kolben und treibt ihn fort, in der Richtung des Pfeils. Zu gleicher Zeit entweicht der an der anderen Seite des Kolbens befindliche Dampf auf dem Wege 2, welcher vermittelst der Öffnung *e* nach aufsen führt. Hierauf wird der Schieber vermittelst der Schieberstange *l* in eine andere, durch punctirte Linien angezeigte Lage getrieben. Nachdem er in diese Lage gekommen, ist nunmehr dem aus dem Kessel immerfort zuströmenden Dampfe der Weg 2 offen. Der Dampf treibt also jetzt den Kolben in die der vorigen entgegengesetzte Richtung; dagegen ist jetzt dem Dampfe der Weg 1 zum Austritte durch die Öffnung *e* verschlossen. So geht es abwechselnd weiter. Der Schieber gelangt immerfort aus der einen seiner Stellungen in die andere, schliefst und öffnet abwechselnd die beiden Wege 1 und 2, und der Dampf treibt den Kolben hin und her. Der ausströmende Dampf begiebt sich in den Schornstein, wo er, auf die weiter unten zu beschreibende Weise, den Luftstrom verstärkt, um den Zug der Esse zu befördern.

Die Bewegung des Schiebers ist so regulirt, dafs sie derjenigen des Kolbens correspondirt. *Aber der Schieber eilt jedesmal ein wenig dem Kolben vor;* das heifst: der Zutritt zum Kolben wird dem Dampfe nicht genau in demselben Augenblicke geöffnet, wo der Kolben seine Bewegung zu beginnen hat, sondern *ein wenig früher.* Dieses ist, was *Voreilen des Schiebers* heifst (*lead of the slide*). Es bekommt dadurch der Dampf in dem Augenblick, wo der Kolben sich in Bewegung setzt, schon seine volle Wirkung auf ihn. Wir werden auf diesen Gegenstand weiter unten zurückkommen, und es wird sich dann zeigen, dafs das Voreilen des Schiebers, welches der Geschwindigkeit der Fortbewegung der Maschine förderlich ist, nur innerhalb gewisser Grenzen Statt finden darf, über welche hinaus die Zugkraft der Maschine schwächer werden würde.

§. 7.

Von den excentrischen Scheiben.

Die hin- und her gehende Bewegung des Schiebers wird von der Kraft des Dampfes selbst hervorgebracht. Wie dieses geschieht einzusehen, erfordert einige Aufmerksamkeit.

An der Kurbel-Achse stecken excentrische Scheiben; und so wie dieselben mit und durch die Achse herumgedreht werden, treiben sie die Schieberstangen hin und her.

Die Anordnung dazu zeigen Fig. 9. und 10. Taf. III. *O* ist der Mittelpunct der Kurbel-Achse. Ihr Querschnitt ist schräg, von oben links nach unten rechts, schraffirt. *m* ist der Mittelpunct der excentrischen Scheibe, deren Querschnitt entgegengesetzt, von oben rechts nach unten links, schraffirt ist. Indem nun die Achse sich herumdreht, führt sie die excentrische Scheibe mit sich fort, und macht folglich, daſs ihr Mittelpunct um *O* einen Kreis beschreibt. Da bei dieser Bewegung der Punct *m* abwechselnd von der einen Seite des Achsenmittelpuncts *O* nach der andern gelangt, so treibt die excentrische Scheibe vermittelst des Ringes *n*, *n*, welcher sie umgiebt, offenbar die Stange *L* hin und her, welche nun weiter mit der Schieberstange in Verbindung steht.

Nun ist es offenbar, daſs der Punct *C*, welcher die Nabe der an der Achse steckenden, durch den Kolben in Bewegung gesetzten Kurbel vorstellt, einen *halben Umlauf* macht, während der Dampf den Kolben von einem Ende des Cylinders bis zum andern treibt. Also macht auch die Achse selbst, in dieser Zeit einen *halben Umlauf*; und folglich auch der Punct *m* um den Punct *o*. Mithin treibt die excentrische Scheibe während eines Hubes des Kolbens die Stange *L*, folglich auch die Schieberstange *l*, und mithin den Schieber selbst, aus der einen seiner beiden äuſsersten Lagen in die andere.

Dadurch aber öffnet der Schieber dem Dampfe den Zutritt zu der entgegengesetzten Seite des Kolbens: der Kolben bewegt sich also nun zurück und zwingt die Kurbel-Achse, einen fernern *halben Umlauf* zu machen, der den Schieber in seine erste Lage zurück bringt; mithin wird nunmehr der Kolben wieder nach der ersten Richtung fortgetrieben; und so geht die Bewegung immer weiter von Statten.

Die Wirkung der excentrischen Scheibe auf die Schieberstange wird, wie oben bemerkt, zunächst durch den die Scheibe umgebenden Ring *nn* vermittelt, der an dem Ende der Bläuelstange *L* fest ist, und in welchem sich die excentrische Scheibe dreht. Die Berührungsflächen des Ringes und der Scheibe sind polirt, und werden durch Öl schlüpfrig gemacht. So wie bei der Umdrehung der Achse der gröſsere Halbmesser der excentrischen Scheibe von der einen Seite des Achsenmittelpuncts nach der an-

dern gelangt, zieht die Scheibe die mit dem Ringe verbundene Stange hin und her, und theilt also der Schieberstange eine hin- und her gehende Bewegung mit.

Die excentrische Scheibe wirkt also hier ganz so, wie eine gewöhnliche Kurbel. Aber sie verwandelt die umdrehende Bewegung der Kurbel-Achsen in die hin- und her gehende der Schieberstange, während die Kurbeln an der Achse, umgekehrt, die hin- und her gehende Bewegung der Kolben in die umdrehende Bewegung der Achse verwandeln. Die excentrischen Scheiben vertreten die Stelle von Kurbeln, in welche, ohne sie, die Kurbel-Achse ferner würde gekrümmt werden müssen.

Da, nach der Anordnung der Maschine, die Schieberstangen mit der Kurbel-Achse nicht in einer und derselben Ebene liegen, so können die excentrischen Scheiben ihre Bewegung den Schieberstangen nicht direct mittheilen. Dies geschieht vielmehr durch die Kreuzstange (*cross-axle*) k mit den beiden Armen KL' und Kl'. Wenn die excentrische Scheibe sich *herunter*bewegt, so rückt die Schieberstange l vor; und umgekehrt; wie es die Figur zeigt. Die Vergleichung der Figuren 9. und 10., welche die Maschine um einen Viertel-Umlauf verschieden vorstellen, wird die Wirkung derselben vollends verdeutlichen.

Bei genauerer Betrachtung der Bewegung des Schiebers Fig. 10. wird man bemerken, daſs, wenn bei dem Übergange des Schiebers aus der einen Lage in die andere, derselbe gerade in der Mitte sich befindet, der Durchgang den Dämpfen nach den Kolben hin auf einen Augenblick gänzlich verschlossen bleibt. Dieses ist der Augenblick, wo der Weg, den der Dampf nimmt, *wechselt;* er correspondirt mit demjenigen, in welchem der Kolben seine Richtung ändert. Er muſs offenbar mit demjenigen zusammentreffen, in welchem, das geringe Voreilen des Schiebers bei Seite gesetzt, der gröſsere oder kleinere Halbmesser der excentrischen Scheibe mit der Kurbel einen rechten Winkel macht. In der That muſs sich der Schieber nothwendig *dann* in der *Mitte* seines Laufs befinden, wenn der Kolben das *Ende* seines Laufs erreicht hat, weil er dann seine Richtung ändern muſs; zu welchem Zweck, unmittelbar darauf, der Schieber dem Dampfe den Weg zu öffnen hat. Man sieht die Nothwendigkeit dieses Zusammentreffens deutlich aus der Figur.

Der besondere Vortheil der in einen rechten Winkel gegen die Kurbel gestellten excentrischen Scheibe ist nun, daſs sie gerade dann ihre

volle Wirkung äufsert, wenn die Kurbel in der Richtung der Bläuelstange liegt, oder unwirksam ist: also dann, wenn der Kolben gerade am Ende seines Laufes sich befindet. Denn so ist die excentrische Scheibe im Stande, gerade dann den Schieber auf das schnellste fortzutreiben, wenn es darauf ankommt, dem Dampfe den einen Weg zu verschliefsen und den andern zu öffnen; wie es sein mufs, damit keine Zeit für seine Wirkung verloren gehe.

[„Es ist die Frage, ob es nicht rathsam wäre, wenigstens bei den „fahrenden Dampfmaschinen, den Dampfwagen, die Schiebeventile, statt vermittelst excentrischer Scheiben, *unmittelbar* durch die Kolbenstangen hin „und her treiben zu lassen. Durch die excentrischen Scheiben wird zwar allerdings die Bewegung sanfter gemacht (obgleich doch auch nicht *völlig* continuirlich, indem man immer noch beim Eingriff in die Kolbenstangen nicht „continuirlich wirkende Hebel zu Hülfe zu nehmen pflegt), indessen wird die „Maschine doch auch durch die excentrischen Scheiben *bedeutend* complicirter, und es ist offenbar gleichsam ein *Umweg*, die hin- und her gehende „Bewegung der Kolben vermittelst der Kurbeln erst in eine drehende und „dann, rückwärts, durch die excentrischen Scheiben, die drehende Bewegung „wieder in eine hin- und her gehende Bewegung zu verwandeln. Es ist „die Frage, ob die practischen Schwierigkeiten der einfacheren Art sich „nicht heben lassen. Wäre das, so würde das Einfachere auch hier offenbar das bessere sein." D. H.]

§. 8.

Von der Auslösung.

Wir haben bis jetzt insbesondere immer nur von *einem* Schieber gesprochen. Da aber *zwei* Cylinder vorhanden sind, so mufs es auch *zwei* Schieber geben. Anderntheils ist leicht zu sehen, dafs, da die Kolben abwechselnd auf die beiden, einen rechten Winkel mit einander einschliefsenden Kurbeln wirken: dafs die Radien der beiden excentrischen Scheiben ebenfalls in einem rechten Winkel gegen einander stehen müssen. Diese Anordnung zeigen Figur 11. und 12., wo man die beiden excentrischen Scheiben in der Ansicht erblickt. Um sie noch mehr auszuzeichnen, sind sie in den Figuren schraffirt.

Die Scheiben müssen durch die Achse herumgedreht werden. Sollte der Wagen blofs in einerlei Richtung, nemlich *nur* vorwärts bewegt werden, so könnten die Scheiben auf der Achse unbeweglich fest sein. Soll

dagegen der Wagen zugleich auch rückwärts gehen können, so muſs sich den Scheiben eine verschiedene Lage auf der Achse geben lassen.

Das Scheiben-*Stück* muſs also auf der Achse *beweglich* sein, gleich einer Rolle in einem Kloben; aber zugleich muſs es nach Belieben *befestigt* werden können. Zu diesem Ende haben die Scheiben an den Seiten zwei Löcher oder Augen *o, o'*; die Achse aber hat zwei Dübel oder Knöpfe (*pins*) *r, r'*, welche Treiber (*drivers*) heiſsen. Die excentrischen Scheiben stecken auf der Achse *zwischen* den beiden Treibern, und es ist nun leicht, sie vermittelst eines Hebels auf der Achse hin- und her zu schieben, bis der eine oder der andere der beiden Treiber in das eine oder das andere Auge eingreift, worauf dann, von diesem Augenblick an, die Scheibe von der Bewegung der Achse mit fortgezogen wird. Sind nun die Treiber so angeordnet, daſs der eine der Bewegung des Wagens *vorwärts*, der andere der Bewegung *rückwärts* entspricht: so läſst sich, bloſs durch Verschiebung des Scheibenstücks auf der Achse, die vorwärts gehende Bewegung in die rückgängige verwandeln; und umgekehrt.

Die Bestimmung der Lage der excentrischen Scheiben für die beiden Arten der Bewegung hat keine Schwierigkeit.

Gesetzt es befinde sich, indem sich der Dampfwagen auf den Schienen vorwärts bewegt, einer der beiden Kolben gerade in der Mitte des Cylinders, während in demselben Augenblicke die Kurbel, auf welche die Stange des Kolbens wirkt, grade senkrecht und *über* der Achse steht, also in der Lage Fig. 3.: so ist klar, daſs, wenn nun der Wagen *vorwärts* gehen soll, der Dampf den Kolben *vorwärts* treiben muſs, weil so der Kolben die Kurbel und die Räder des Wagens in seiner eigenen Richtung fortzieht. Also muſs sich in dem angenommenen Falle dem Dampfe der Weg 1 geöffnet haben, und folglich der Schieber *vorwärts* gezogen worden sein. Es muſs daher, wie aus Fig. 9. zu ersehen, der gröſsere Halbmesser der excentrischen Scheibe *horizontal* und *hinter* der Achse liegen. Und so muſs folglich der Treiber die Scheibe, für die Bewegung *vorwärts*, ergreifen.

Soll dagegen, von dem angenommenen Augenblick an, der Dampfwagen *rückwärts* gehen: so muſs der Dampf zu der entgegengesetzten Seite des Kolbens Zutritt bekommen. Es muſs ihm also der Weg 2 geöffnet, das heiſst: der Schieber muſs *rückwärts* getrieben werden. Folglich muſs dann der gröſsere Halbmesser der excentrischen Scheibe, zwar wieder horizontal, aber *vor* der Achse liegen, und in dieser Lage von dem

Treiber ergriffen werden. Dieses ist die Lage Fig. 12. Wenn die Kurbel rechts, senkrecht über der Achse steht, so befindet sich der Treiber *r*, und das Auge, in welches er eingreift, hinter der Achse, von welcher er in der Figur bedeckt wird. Der gröſsere Halbmesser der excentrischen Scheibe liegt *horizontal*, und *vor* der Achse, was, wie wir sahen, der rückgängigen Bewegung des Wagens entspricht. Der Treiber befindet sich also in der dieser Bewegung entsprechenden Lage, und ergreift, derselben gemäſs, die excentrische Scheibe.

Setzen wir nun gegentheils, die excentrische Scheibe werde nach dem anderen Treiber r' hin getrieben: so wird, weil das correspondirende Auge o' nicht vor dem Treiber liegt, und sich nun die Scheibe nicht weiter dreht, die Achse einen halben Umgang machen müssen, ehe der Treiber in das Auge o' eingreifen kann. Die Kurbel rechts wird also bis *unter* die Achse gelangen, während die excentrische Scheibe noch *vor* der Achse sich befindet; und dieses ist die der vorhergehenden Bewegung entsprechende Lage: denn für die Bewegung vorwärts muſs, wie sich oben zeigte, die Kurbel *über* der Achse und die excentrische Scheibe *hinter* derselben stehen.

Es folgt also nun, daſs die beiden Treiber *r* und r' (Fig. 11. und 12.), da sie auf einander senkrecht stehen, nebst den Kurbeln, in den gehörigen Lagen sich befinden, um den Wagen in der einen vorwärts, in der andern rückwärts zu treiben.

Da die beiden Treiber auf der Achse an entgegengesetzten Seiten der excentrischen Scheiben befestigt sind, so ist klar, daſs, wenn man das Scheibenstück vermittelst eines Hebels nach dem einen oder dem andern Treiber hin stöſst, der Dampf unmittelbar den Wagen vor- oder rückwärts bewegen wird, je nachdem dieser oder jener Treiber eingegriffen hat. Der Hebel, vermittelst dessen das Scheibenstück in Bewegung gesetzt wird, ist so eingerichtet, daſs er sich im Bereiche des auf seinem Brette stehenden Maschinenführers befindet.

Auſser dieser Anordnung, vermöge welcher der Führer der Maschine allein und nach Belieben die Schiebeventile zu handhaben vermag, unabhängig von der Bewegung der Achse, sind auch noch die Schäfte oder Bläuelstangen der excentrischen Scheiben nicht unverrückbar mit den Ventilstangen verbunden. Sie greifen in dieselben bloſs vermittelst der Einschnitte oder Kerbe (*notch*) L' Fig. 13. und 14. ein. Vermittelst eines

auf die kleine Stange *m'o* wirkenden Hebels kann der Maschinenführer den Schaft der excentrischen Scheiben aus dem Einschnitt herausheben, wie Fig. 14. Dann können sich die Schiebeventile ganz frei und ohne Einwirkung der Achse bewegen. Überhaupt also kann man durch die beiden Griffe *P*, *P'* Fig. 1., die mit den Schieberstangen in Verbindung stehen, den Schiebern die ihnen nöthige Bewegung geben. [„Alles dieses „würde auch möglich sein, wenn man, (in so fern es sonst angeht,) die „Kolben, nach der Bemerkung am Ende von §. 7., ohne Vermittelung „der excentrischen Scheiben die Schieber unmittelbar in Bewegung setzen „liefse." D. H.]

§. 9.

Von den Wasser-Pumpen.

Unter dem Dampfwagen befinden sich zwei Pumpen *p* (Fig. 1.), welche bestimmt sind, Wasser in den Kessel zu schaffen. Sie liegen unmittelbar unter den Kolbenstangen und werden durch dieselben in Bewegung gesetzt. Jede Pumpe saugt einen Theil des Wassers aus dem Behälter auf dem Munitionswagen in ihren Stiefel, und treibt darauf dasselbe aus dem Stiefel in den Kessel, auf die gewöhnliche Weise. Da *zwei* Pumpen vorhanden sind, so ist man gegen Unterbrechungen des Wasserzuflusses nach dem Kessel gesichert, für den Fall, dafs etwa die eine Pumpe schadhaft werden sollte.

Die Ventile dieser Pumpen bestehen, sehr sinnreich, aus kleinen metallenen Kugeln, die auf kreisförmigen Lagern ruhen, in welche sie genau passen. Sie wirken *dadurch*, dafs sie in dem Cylinder gleiten, dessen Wände Löcher zum Durchgange des Wassers haben. Fig. 15. stellt ein solches Ventil vor. Das Wasser tritt durch *a* aus dem Innern des Cylinders unter die Kugel; es hebt dieselbe und tritt darauf in den Körper der Pumpe durch die Öffnungen *b*, *b*. Diese Art Ventile versagen nie. Die Pumpen waren früher immerfort in Unordnung, bis Herr Melling von Liverpool zuerst diese Art von Ventilen einführte.

§. 10.

Vom Dampfregulator.

Den Regulator, dessen wir oben gedachten, und vermittelst dessen der Weg für den Dampf aus dem Kessel nach den Cylindern erweitert oder verengt werden kann, stellen Fig. 32. und 33. Taf. IV. vor. Er besteht, einfacherweise, aus zwei auf einander gelegten und genau auf einander

passenden Scheiben, welche jede eine Öffnung von gleicher Gröfse und Gestalt haben. Die untere Scheibe ist unbeweglich und verschliefst die Röhre, durch welche der Dampf entweicht. Die obere Scheibe dagegen ist beweglich, und kann vermittelst eines Griffes *T*, der aus der Maschine hervorreicht, gedreht werden. Der Zapfen *r* der beweglichen Scheibe geht auch durch die unbewegliche, um die Scheiben auf einander in der richtigen Lage zu halten. In Figur 32. sind die beiden Scheiben durch gegen einander laufende Schraffirungen unterschieden. Man kann nun die obere Scheibe so drehen, dafs ihre Öffnung genau auf die der unteren pafst, wie in Fig. 32., und alsdann ist der Durchgang völlig offen. Dreht man die bewegliche Scheibe weniger herum, etwa nach den punctirten Linien in Fig. 33., so ist der Durchgang nur zum Theil offen; und wenn die Öffnungen gar nicht auf einander treffen, so ist der Durchgang ganz verschlossen. In dem letzten Falle drückt der Dampf die obere Scheibe auf die untere fest.

Man macht den Regulator auch zuweilen auf andere Weise; zum Beispiel in Form eines doppelwegigen Hahns, wenn der Dampf von oben kommt. Aber die vorhin beschriebene Art ist die üblichste.

§. 11.

Von den Gelenken.

In alle Gelenke von einiger Bedeutung wird das Öl ununterbrochen aus einer Schale vermittelst eines Heberdochts geleitet; etwa wie es Fig. 6. Taf. II. zeigt. Die Schale hat die Form eines Schüler-Dintenfasses, damit bei der geschwinden Bewegung das Öl nicht verschüttet werde. Im Boden der Schale ist eine kleine Röhre, die in das Gelenk hinein reicht. Der in das Öl der Schale hineintauchende baumwollene Docht saugt fortwährend das Öl aus derselben an und tröpfelt es ununterbrochen in das Gelenk.

§. 12.

Vom Feuerroste (fire grate).

Der Rost auf dem Boden der Esse besteht nicht aus einem Stücke, sondern aus einzelnen Stangen, Fig. 31. Taf. IV. Dieselben liegen neben einander auf dem Boden der Esse, und werden dort an ihren Enden getragen. So eingerichtet, können die Stäbe des Rostes bequem *einzeln* erneuert werden, wenn sie verbrannt sind; desgleichen kann man, wenn irgend ein Schaden am Kessel entstanden wäre, in Folge dessen das Was-

ser unvermuthet aus demselben wegflösse, und so die Maschine in Gefahr geriethe, leicht vermittelst eines gekrümmten Schüreisens (*poker*) die Roststäbe durch einander werfen, und so augenblicklich das Feuer auslöschen, indem man es, sammt den Roststäben, hinaus auf die Strafse fallen läfst. Auf dieselbe Weise wird alle Abende die Feuer-Esse geleert, nachdem die Maschine ihr Tagewerk vollbracht hat.

§. 13.

Uebersicht der verschiedenen Theile der Maschine.

Wir wollen die obige Beschreibung dadurch zu vervollständigen suchen, dafs wir an den Gesammt-Ansichten der Maschine Fig. 1. Taf. I. und Fig. 2. Taf. II. nachweisen, welche Stellen die einzeln beschriebenen Theile einnehmen.

A ist derjenige Theil des Kessels, welcher die Esse enthält.

BB ist der Standort des Führers der Maschine.

C ist der Schornstein.

D, D sind die Cylinder.

E ist das erste Sicherheitsventil, mit Hebel- und Federwage; was weiter unten näher beschrieben werden wird.

E ist das zweite, auf gleiche Weise construirte Sicherheitsventil.

G ist die Glasröhre.

H sind die Probirhähne (*gauge-cocks*).

I ist das Ende der Stange einer excentrischen Scheibe.

J sind die Schienen, welche die Kolbenstangen genau in der horizontalen Richtung halten.

K ist das Kreuz, welches die Bewegung der Stange der excentrischen Scheibe auf diejenige der Schiebeventilstange vermittelst der Arme ***KL'*** und ***Kl'***, die darauf befestigt sind (siehe Fig. 9. und 10.), überträgt.

L' ist der Einschnitt, vermittelst dessen die Stange der excentrischen Scheibe mit dem Kreuze, welches die Stange des Schiebeventils führt, in Verbindung gesetzt wird.

MM sind Stangen, vermittelst welcher der Führer der Maschine die Stangen der excentrischen Scheiben heben und sie aus der Verbindung mit dem Schiebeventil lösen kann. Dieses geschieht durch die mit einander zu einem Knie verbundenen Arme *m* und *m'*. So wie der Maschinist die Stange ***MM*** anzieht, steigt der Arm *m'* in die Höhe und hebt, ver-

mittelst der kleinen Stange *m' o'*, die Stange der excentrischen Scheibe aus der Verbindung mit dem Arme *KL* heraus.

N ist ein Hebelgriff, vermittelst dessen der Maschinist, zu dem so eben beschriebenen Zwecke, die Stange *MM* anzieht.

P, P sind Griffe, um die Schieber zu bewegen, wenn ihre Verbindung mit den excentrischen Scheiben aufgehoben ist. Diese Griffe wirken auf das Joch *Q* und bewegen die Enden *R*, *R* desselben. Die Bewegung wird, weiter, vermittelst der Stangen *S*, *S* auf die Enden *r, r* des Hebels übertragen, welcher die Schieber in Bewegung setzt.

T ist der Griff des Regulators, um den Weg des Dampfs aus dem Kessel nach dem Cylinder zu erweitern, oder zu verengen.

V ist der Raum, in welchem der Dampf zurückgehalten wird, bis er durch die Öffnung des Regulators in die Cylinder zu dringen vermag.

U ist eine mit einem starken eisernen Deckel verschlossene Öffnung im Kessel, so grofs, dafs durch dieselbe ein Mensch, wenn es nöthig, in den Kessel hineinsteigen kann.

X, X sind eiserne Kniee (*knees*), vermittelst welcher der Kessel auf dem Gestell des Wagens befestigt ist.

Z, *Z* sind Druckfedern, welche vermittelst verticaler Stützen in *a, a* auf den Buchsen der Radwellen aufruhen. Die Stützen gehen durch Löcher in den Gestellbalken des Wagens. Das eine Ende der Stütze trägt die Druckfeder, das andere steht auf der Buchse des Rades auf. So tragen also die Räder das gesammte Gewicht der Maschine: oben vermittelst der Druckfedern.

b, b sind Schienen, welche sich über die Buchsen der Radwellen auf und nieder bewegen können, je nachdem die Druckfedern unter dem Gewichte der Maschine mehr oder weniger nachgeben. In der obern Fläche der Buchse ist ein kleiner Ölbehälter ausgehöhlt. In diesem Behälter befindet sich, eben wie in oben erwähnten Ölfäfschen, eine Röhre und ein Heberdocht, der ununterbrochen Öl auf die Achse leitet, nach dem Puncte hin, wo sie sich in der Buchse reibt.

c ist eine biegsame Röhre aus hanfenem Zeuge, eine Feder innerhalb umgebend. Durch dieselbe gelangt das Wasser aus dem Munitionswagen nach der Wasserpumpe, sobald der zugehörige Hahn am Munitionswagen geöffnet wird.

p ist die Wasserpumpe der Maschine. Sie wird fortwährend ver-

mittelst einer Verbindung mit der Kolbenstange des correspondirenden Cylinders in Bewegung gesetzt, schafft aber nur dann Wasser in den Kessel, wenn der Hahn offen ist, der das Wasser aus dem Munitionswagen zuläfst. Der Hahn ist in der Figur nicht angedeutet.

p' bezeichnet den Griff und die Stange des Probierhahns der Pumpe, welcher anzeigt, ob die Pumpe wirklich Wasser aus dem Munitionswagen zieht, oder nicht. Der Hahn öffnet sich nach aufsen, so dafs, wenn er offen ist und die Pumpe zieht, ein kleiner Wasserstrahl hinausdringt, der dann anzeigt, dafs die Pumpe wirkt.

e, e sind die mit Pferdehaaren ausgestopften ledernen Kissen (*pads*), um den Stofs, den der Dampfwagen geben oder empfangen mag, zu schwächen.

f ist ein Hahn, durch welchen das Wasser, welches zuweilen aus dem Kessel nach dem Cylinder gelangt, durch die Kraft des Dampfes ausgetrieben werden kann.

g ist eine durch einen Schraubenbolzen verschlossene Öffnung in dem äufsern Gehäuse der Feuer-Esse. Wenn der Bolzen ausgeschraubt ist, so kann man mit einer Stange den Raum zwischen den beiden Gehäusen reinigen, und durch eine Druckpumpe kann mit Kraft Wasser in den Raum getrieben werden, um den etwaigen Bodensatz des Wassers auszuspülen. Eine solche Reinigung geschieht gewöhnlich wöchentlich einmal.

h Fig. 2. ist eine bewegliche Tafel oder Thür vor der Schornstein-Abtheilung des Kessels. Wenn diese Thür geöffnet ist, so sind die Enden der Feuerröhren im Kessel, die Cylinder, die Schiebeventile und die Röhren, welche den Dampf aus dem Kessel nach den Schiebeventilgehäusen und von diesen nach dem Schornstein leiten, sichtbar. Die Thür wird geöffnet, wenn es nöthig ist, die Schiebeventile zu reguliren; wovon weiter unten.

Abschnitt II.

Von den Verhältnissen der Maschinentheile.

§. 14.

Maafse der Theile, von welchen die Kraft der Maschine abhängt.

Die obige Beschreibung eines Dampfwagens pafst auf die Wagen der Strafse zwischen Liverpool und Manchester. Wir haben mit keinen anderen als diesen Wagen Versuche angestellt. Um aber einen vollständigen Begriff von diesen Maschinen zu geben, müssen wir auch noch die

Maafse insbesondere derjenigen Theile hersetzen, von welchen, wie sich weiterhin zeigen wird, die Kraft der Maschine abhängt.

Man kann die Dampfwagen der Liverpooler Bahn in 5 Classen theilen.

	Durchmesser der Cylinder.		Kolbenhub.		Durchmesser der Räder.		Gewicht der Wagen.	Spannung der Dämpfe auf 1 Quadr.-Zoll.
	Zoll.	Linien.	Zoll.	Linien.	Fufs.	Zoll.	Centner.	Pfund.
1. Classe . .	13	7,5	15	6,5	4	4,4	256,5	51,3
2. Classe . .	11	7,8	15	6,5	4	10,3	256,5	51,3
3. Classe . .	10	8,2	15	6,5	4	10,3	158 bis 177	51,3
4. Classe . .	10	8,2	17	6,5	4	10,3	158 bis 177	51,3

In die 5te Klasse kommen die ältesten Dampfwagen, aus der Zeit der Eröffnung der Bahn. Ihre Cylinder haben 9 Zoll 8,5 Linien im Durchmesser, und darunter. Der Kolbenhub, die Räder und das Gewicht der Maschinen wechseln nach Verhältnifs. Dieselben werden aber jetzt fast gar nicht mehr gebraucht, kaum mehr reparirt, und keiner kam bei unseren Versuchen vor. Wir haben daher auf dieselben keine nähere Rücksicht zu nehmen.

Von den 32 Dampfwagen, welche die Eisenbahn-Unternehmer haben bauen lassen, und von welchen sie noch 30 besitzen, haben

2 Cylinder von 13 Zoll 7,5 Linien im Durchmesser;

4 haben Cylinder von 11 Zoll 7,8 Linien im Durchmesser;

16 haben Cylinder von 10 Zoll 8,2 Linien im Durchmesser, mit 15 Zoll 4,4 Linien Kolbenhub;

2 haben eben solche Cylinder, mit 17 Zoll 6,5 Linien Kolbenhub.

Die 8 übrigen Wagen sind kleiner, und gehören in die oben erwähnte 5te Classe.

In allen Wagen beträgt die Spannung der Dämpfe im Kessel 51,3 Pfund auf den Quadratzoll.

So wie wir von den verschiedenen Wagen sprechen werden, sollen ihre Benennung, ihr Gewicht und ihre Kraft näher angegeben werden.

§. 15.

Von dem Ausdrucke der Kraft eines Dampfwagens.

Es ist gebräuchlich, die Kraft eines Dampfwagens durch die obigen Dimensionen zu bezeichnen. Im Laufe der gegenwärtigen Schrift werden wir sehen, dafs, um die Kraft und die Wirkung eines Dampfwagens unter den verschiedenen Umständen vollständig zu bestimmen, noch zwei

andere Elemente in Betracht kommen: nemlich die Reibung der Maschine und die Verdampfungsfähigkeit, oder die erhitzte Fläche des Kessels. Inzwischen geben auch die obigen Elemente schon eine leidliche Vorstellung von einer Maschine.

Was die Gewohnheit bei *feststehenden* Dampfmaschinen betrifft, ihre Kraft nach ihrer Wirkung zu ermessen, und diese mit der *Pferdekraft* zu vergleichen; was schon, wie leicht zu sehen, überall *unzulänglich* ist: so ist dieser Gebrauch auf Dampfwagen völlig *unanwendbar;* und zwar aus folgenden Gründen.

Erstlich hängt die Kraft eines Dampfwagens nicht von derjenigen des Dampfes allein ab, sondern auch von dem Gewichte des Wagens, weil sich danach der Widerstand auf den Schienen und folglich die Gröſse der fortzuziehenden Ladung richtet.

Zweitens muſs die Maschine sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen. Nun muſs sie, auſser der Ladung, auch sich selbst fortbewegen, und ihre eigne Reibung überwinden. Diese Reibung geht also, und zwar als eine *unveränderliche* Gröſse, zunächst von dem Widerstande ab, und ändert daher, je nach der verschiedenen Geschwindigkeit, den für die Ladung übrig bleibenden Nutz-Effect. Hieraus folgt, daſs wir, wenn wir die Kraft der Maschine nach ihrer Wirkung beurtheilen wollten, für jede verschiedene Geschwindigkeit eine andere Kraft finden würden.

Drittens, da sich die Dampfwagen drei- bis viermal so geschwind fortbewegen, als Pferde es im Stande sind: so würde die Vergleichung ihrer Kraft mit der der Pferde etwas ganz Imaginaires sein.

§. 16.

Maaſse der Esse und des Kessels von 12 der besten Dampfwagen der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester.

Zufolge der obigen Bemerkung, die sich weiter unten näher rechtfertigen wird, ist die Angabe der Kraft eines Dampfwagens ohne diejenige ihrer Verdampfungsfähigkeit, oder der Heitzfläche ihres Kessels, unvollständig. In der That liegt in der Esse und in dem Kessel die wahre Quelle der Kraft einer Maschine. Aus diesen entspringt ihre Wirkung. Die Cylinder und die übrigen Theile übertragen und modificiren die Kraft; aber sie vermögen nichts ohne die Kraft selbst.

Um also die obigen Maaſse der Maschinen zu vervollständigen, müssen wir noch erst die Maaſse der Esse und des Kessels derjenigen Wagen,

von welchen wir zu sprechen haben werden, hinzufügen. Weiter unten werden unsere Versuche uns in den Stand setzen, an die Stelle dieser complicirten Angaben die einfachere der Verdampfungsfähigkeit einzuführen.

Die beiden vorzüglichsten von den folgenden Angaben sind diejenigen der Flächen, welche der strahlenden Hitze und der Erwärmung durch Berührung ausgesetzt sind.

Tafel der Maafse der Esse und des Kessels von 12 der besten Dampfwagen auf der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester.

Name und Nummer der Wagen.		Durchmesser der Cylinder.		Kolbenhub.		Durchmesser des Kessels.		Lage des Kessels und der Röhren.		Zahl der Röhren.	Durchmesser der Röhren.	Fläche der Esse gegen die strahlende Wärme.	Fläche der Röhren gegen die Erwärmung durch Mittheilung.	Fläche des Rostes.	Inhalt der Esse bis zu den untersten Röhren.	Durchmesser des Schornsteins.	
		Zoll.	Lin.	Zoll.	Lin.	Fufs.	Zoll.	Fufs.	Zoll.		Linien.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Cub.-F.	Zoll.	Lin.
Samson	No. 13.	13	7,5	15	6,5	3	4,8	6	9,6	140	18,9	37,9	393,2	7,07	9,24	12	1,7
Jupiter	- 14.	10	8,2	15	6,5	2	8	6	3,7	79	18,9	33,9	214,3	5,73	9,49	11	7,8
Goliath	- 15.	13	7,5	15	6,5	3	4,8	6	9,6	132	18,9	38,0	383,6	7,07	9,24	12	1,7
Vulcan	- 19.	10	8,2	15	6,5	2	11	6	3,7	107	18,9	32,4	290,1	6,13	7,01	13	0,3
Fury	- 21.	10	8,2	15	6,5	2	11	6	3,7	107	18,9	31,0	290,1	5,77	7,45	13	0,3
Victory	- 22.	10	8,2	15	6,5	2	11	6	6,7	97	18,9	35,5	263,0	5,91	10,05	13	0,3
Atlas	- 23.	11	7,8	15	6,5	2	11	7	7,8	65	18,9	53,8	206,0	8,68	12,39	11	7,8
Vesta	- 24.	10	9,4	15	6,5	2	8	6	9,6	80	18,9	43,3	242,1	6,66	10,67	11	2,0
Liver	- 26.	10	8,2	15	6,5	2	11	6	3,7	97 {70 27}	20,4 16,0	37,4	267,2	7,64	11,37	13	0,3
Ajax	- 29.	10	8,2	15	6,5	2	8	6	5,6	63	23,3	30,7	215,5	5,73	7,62	13	0,3
Leeds	- 30.	10	8,2	15	6,5	2	11	6	3,7	107	18,9	32,6	290,1	5,84	7,54	13	0,3
Firefly	- 31.	10	8,2	17	6,5	2	11	7	3,4	110	18,9	40,4	342,0	6,75	13,03	13	0,3

Anm. Die Maschine Samson (No. 13.) ist neu gebaut. An der Fury No. 21. sind die Röhren sehr dünn, und an der Firefly ist die Esse jetzt geändert.

Man wird weiter unten sehen, dafs in Kesseln von solchen Formen und Maafsen die Maschine in der Minute 1 Cubikfufs (Engl.), also in der Secunde etwa 1 Pfund (Engl.) Wasser zu verdampfen vermag, mit einer Spannung des Dampfes von 51,3 Pfund (Preufs.) auf den (Preufs.) Quadratzoll.

Bei Vergleichung der Heitzflächen der verschiedenen Maschinen mufs man die unmittelbar der strahlenden Hitze ausgesetzten Flächen von denen wohl unterscheiden, welche die Hitze blofs, bei ihrem Durchgange von der Esse nach dem Schornstein, durch Mittheilung empfangen. In des Herrn Wood Schrift S. 403 wird eines Versuches des Herrn Robert Stephenson gedacht, nach welchem es scheint, dafs die Wirkungen der Feuerung in

den beiden Fällen sich wie 3 zu 1 verhalten. Wir wurden durch Umstände verhindert, den Versuch zu wiederholen.

Der Stephensonsche Versuch wurde mit einem den beschriebenen ähnlichen Kessel angestellt; aber der obere Theil desselben war abgehoben, und der der unmittelbaren Wirkung des Feuers ausgesetzte Theil war von demjenigen abgesondert worden, der die Hitze bloſs durch Mittheilung erhält. Das Wasser wurde zum Sieden gebracht, und, nachdem es eine Zeit lang gekocht hatte, wurde das in jeder Abtheilung verdampfte Wasser gemessen. So fand man, daſs auf jeden Quadratfuſs der strahlenden Wärme ausgesetzter Fläche 3 mal so viel Wasser verdampft worden war, als auf einen Quadratfuſs Fläche, welcher die Hitze durch Mittheilung empfing. Die Thatsache kann in so fern für festgestellt erachtet werden, als von Apparaten die Rede ist, die den oben beschriebenen ähnlich sind.

§. 17.

Von Dampfwagen von anderer Construction.

Die oben beschriebenen Dampfwagen sind die wirksamsten, die bis jetzt gebaut wurden. Alle Wagen der Liverpooler Bahn sind von dieser Art.

Auf andern Eisenbahnen findet man auch noch andere Dampfwagen. Auf der Eisenbahn zwischen Stockton und Darlington wird langsamer gefahren. Wir wollen einen Begriff von den dort üblichen Wagen geben.

Die Unternehmer dieser Bahn besitzen 23 Dampfwagen: von der ältesten bis zur neuesten Form.

In dem einen Wagen strömt das Feuer in einer einzigen Röhre durch den Kessel, welche Röhre als Esse dient und unmittelbar mit dem Schornstein in Verbindung steht. In einigen anderen biegt sich die Feuerröhre durch den ganzen Kessel, und kommt nach dem Schornstein zurück, der sich in diesem Falle nahe an der Einheitzthür befindet. Wieder in anderen theilt sich die Röhre oder der Rauchfang am Ende des Kessels; und kommt als zwei kleinere Röhren zurück. In noch anderen befindet sich das Feuer in einer inneren Röhre, und die Flamme gelangt zum Schornstein in etwa 100 kleinen Röhren, nach der Liverpooler Art. Endlich sind auch drei von den Dampfwagen genau so gebaut, wie die bei Liverpool.

Die Unternehmer der Liverpooler Bahn transportiren sowohl Güter, als Passagiere. Die letzteren werden etwa $2\frac{2}{5}$, die ersteren etwa $1\frac{3}{4}$ Mei-

len in der Stunde fortgeschafft. Bloſs die Maschinen mit kleinen Röhren dienen zum Transport der Passagiere; die andern können dazu nicht Dampf genug entwickeln. Für eine Geschwindigkeit von 1¾ Meilen in der Stunde, und für einen Zug von 24 Wagen, welche, leer auf der Bahn fahrend, gleich sind einer Ladung von etwa 1183 Ctr. auf horizontalen Schienen, sind die Kessel mit zurückgebognen Röhren vortheilhafter befunden worden. Sie erzeugen hinreichend Dampf, und sind wohlfeiler zu bauen und zu erhalten, weil sie einfacher und ganz von Eisen sind, während zu den Röhrenkesseln Kupfer nöthig ist.

Auſser den Kesseln sind auch die übrigen Theile der Maschinen von verschiedener Art. Die Cylinder befinden sich zum Theil auſserhalb und stehen senkrecht. Die Bewegung der Kolben wird nicht vermittelst Kurbeln auf die Achse, sondern vermittelst Stangen, auſserhalb, auf die Räder übertragen, in deren Speichen diese Stangen vermittelst eines Dorns eingreifen. Diese Maschinen haben im Allgemeinen 6 gleich groſse Räder, von 3 Fuſs 10,6 Zoll Durchmesser. Zwei von den Rädern werden unmittelbar durch die Cylinderkolben auf die so eben beschriebene Weise in Bewegung gesetzt; die andern Räder sind an jene beiden durch Stangen gekuppelt, so daſs alle 6 Räder auf die Bahnschienen eingreifen.

Das Gewicht dieser Wagen ist verschieden. Mit Ausnahme der drei, die, wie gesagt, den Liverpooler Maschinen gleich gebaut sind, und die nur etwa 108 Centner wiegen, beträgt das Gewicht der übrigen 197 bis 237 Centner.

Alle diese Maschinen ruhen auf Druckfedern. Bei einigen ältern gedachte man die Federn durch das Wasser im Kessel vertreten zu lassen. Das Wasser sollte, vom Dampfe getrieben, auf kleine bewegliche Kolben drücken; aber, so sinnreich auch die Idee war, zeigte sich doch, daſs die Federkraft in der Ausübung zu veränderlich war, und die Absicht wurde wieder aufgegeben.

Die Verhältnisse der Theile der Dampfwagen auf der Darlingtoner Eisenbahn sind folgende.

Durchmesser der Cylinder	14 Zoll 1 Linie,
Kolbenhub	15 Zoll 6 Linien,
Durchmesser der Räder	3 Fuſs 10,6 Zoll,
Gewicht des Wagens	217 Ctr.,
Spannung des Dampfes, auf den Quadratzoll . .	49,3 Pfund.

Die Spannung der Dämpfe wird noch nach der Festigkeit des Kessels, deren man versichert ist, verändert. Wenn die Tafeln, aus welchen der Kessel zusammengesetzt ist, anfangen, dünn zu werden, so wird der Druck bis auf 37 Pfd. auf den Quadratzoll vermindert. In andern Fällen dagegen steigt die Spannung wohl bis auf 62 Pfd.

Zweites Capitel.

Von der Spannung der Dämpfe in Dampfmaschinen.

Abschnitt I.

Berechnung der Spannung nach Hebel- und Federwage.

§. 18.

Von den Grundsätzen, auf welchen diese Berechnung beruht.

Wenn eine elastische Flüssigkeit in einem Gefäfs eingeschlossen ist, so übt sie auf die Wände des Gefäfses nach allen Seiten hin einen Druck aus, der die Wirkung und das Maafs ihrer ausdehnenden Kraft ist. Ist das Gefäfs schon mit Dampf gefüllt, und es kommt ferner Dampf hinzu, so nimmt die ausdehnende Kraft des Dampfes immer mehr zu; mithin auch der Druck auf die Wände des Gefäfses. Befindet sich nun irgend wo in der Wand des Gefäfses eine Öffnung, von einer beweglichen, mit einem gewissen Gewicht beladenen Klappe bedeckt: so ist klar, dafs die Klappe, sobald der Dampf im Gefäfs auf dieselbe von unten stärker drückt, als die Gewichte von oben, gehoben werden wird. Es wird also dann eine Ausgangs-Öffnung für den Dampf entstehen, und die Spannung des aus der Öffnung strömenden Dampfes wird dem Drucke der Gewichte auf der Klappe gleich sein.

Man mufs indessen nicht übersehen, dafs nicht die Gewichte auf der Klappe allein es sind, was dem Ausströmen des Dampfes sich entgegensetzt. Auch der Druck der Atmosphäre, der auf die Klappe, wie auf jede andere Fläche wirkt, mit welcher er in Berührung kommt, widersetzt sich der Ausströmung. Er beträgt, wie bekannt, 15,086 Pfund auf den Quadratzoll. Es ist also die Summe der Gewichte auf der Klappe

und des Drucks der Luft, was das eigentliche Maafs der Spannung der Dämpfe ausmacht. Die Gewichte *allein* geben blofs den Überschufs der Spannung der Dämpfe über die der Luft; welchen Überschufs man die *wirksame* Spannung der Dämpfe nennt. Also, wenn z. B. ein Ventil 5 Quadratzoll grofs und mit 256,5 Pfund beladen ist, folglich auf jeden Quadratzoll desselben 51,3 Pfund Druck kommen: so beträgt der *wirksame* Druck des Dampfes 51,3 Pfund; welchen Druck man öfters der Bequemlichkeit wegen in Rechnung bringt, obgleich die *wirkliche* Spannung der Dämpfe in dem angenommenen Falle 15,086 Pfund mehr, also 66,386 Pfund auf den Quadratzoll beträgt.

Auf diese Weise mifst man die Spannung der Dämpfe in den Dampfwagen. Da dieselben wenigstens 51,3 Pfd. Dampfspannung auf den Quadratzoll nöthig haben, und das Ventil, um erforderlichen Falls allen Dampf aus dem Kessel zu entlassen, nicht weniger als 2 Zoll 5 Linien im Durchmesser oder 4,72 Quadratzoll Fläche haben mufs: so folgt, dafs, wenn das Ventil unmittelbar durch ein Gewicht angedrückt werden sollte, dasselbe 256,5 Pfd. betragen müfste. Ein solches Gewicht aber würde sich nicht unmittelbar mit der Hand aufheben lassen; was öfters während des Laufs des Wagens nöthig ist, besonders um zu sehen, ob nicht das Ventil sich festgesaugt habe, wodurch es unwirksam geworden sein würde.

Dieserhalb war es nöthig, einen Hebel anzubringen, um das Ventil niederzudrücken. An einem Hebel, der z. B. in dem Verhältnifs von 1 zu 5 getheilt ist, bringen schon 51,3 Pfund den Druck von 256,5 Pfunden hervor, ohne dafs man nöthig hätte, das gröfsere Gewicht selbst in Bewegung zu setzen. Da indessen das an den Hebel angehängte Gewicht bei der schnellen Bewegung des Wagens zu sehr schlottern, und das Ventil immer fort abwechselnd öffnen und schliefsen würde, so setzte man an die Stelle des Gewichts eine *Feder;* und so werden denn die Ventile jetzt durch Federn angedrückt.

§. 19.

Von den Hebel- und Federwagen.

Man sieht leicht, dafs die Kraft eines Dampfwagens, ohne näher das Maafs der Spannung der Dämpfe im Kessel zu kennen, sich nicht berechnen läfst, weil diese Spannung die bewegende Kraft der Maschine ist. Wenn man genöthigt wäre, von der durch den Maschinenbauer angegebenen Spannung der Dämpfe auszugehen, so könnten grofse Irrthü-

mer entstehen. Denn, in der Absicht, glauben zu machen, ein Dampfwagen leiste, ohne Erhöhung der Spannung der Dämpfe, mehr als ein anderer, wird zuweilen die Spannung nur auf 50 Pfd. angegeben, während sie in der Wirklichkeit wohl 60 oder 70 Pfund beträgt. Aufserdem wird im Allgemeinen die Berechnung der Dampfspannung so ungenau gemacht, dafs darauf kein Vertrauen zu setzen ist.

Wir waren also genöthigt, diesen Gegenstand näher zu erforschen.

Wir werden nun zuerst die Mittel angeben, die Spannung der Dämpfe durch Wägen und Messen der verschiedenen Theile der Ventil-Vorrichtung zu finden, für den Fall, dafs man keine Mercurialwage haben sollte. Darauf werden wir zeigen, wodurch Rechnungsfehler entstehen können, welche sich nur durch die Mercurialwage entdecken lassen. Endlich werden wir die Unsicherheit auch dieses letzten Instruments nachweisen, und darauf ein anderes statt seiner vorschlagen.

Wir bemerkten, dafs man sich eines Hebels bediene, um ein grofses Gewicht zu ersparen. Es sei S (Fig. 16. Taf. IV.) das Ventil auf dem Kessel, und C der Ruhepunct des Hebels BC. Bei A drückt der Hebel vermittelst eines Knopfs auf das Ventil, und bei B ist ein Gewicht angehängt, oder vielmehr: es ist eine Feder angebracht, die der Hebel sos tark zieht, als ein bestimmtes Gewicht thun würde.

Wenn der Durchmesser des Ventils, das Verhältnifs der Hebelsarme, und die in B wirkende Kraft gegeben sind, so ist es leicht, den Druck in A auf den Quadratzoll des Ventils zu finden, oder, umgekehrt, aus dem Druck auf A die Kraft in B. Wenn P die Kraft in B ist, so ist $P.\frac{BC}{AC}$ der Druck in A auf das Ventil; und wenn S die Fläche des Ventils ist, so ist $\frac{P.BC}{S.AC}$ der Druck auf jeden Quadratzoll dieser Fläche.

Die Hebel der Ventile haben sehr verschiedene Verhältnisse. Diejenigen, welche zuerst Herr Edw. Bury zu Liverpool anordnete, sind unstreitig die bessern. Die beiden Hebelsarme verhalten sich hier zu einander, grade wie die Fläche des Ventils zur Einheit. So giebt unmittelbar das Gewicht P in B den Druck auf *einen Quadratzoll* des Ventils an. Gesetzt z. B., das Ventil sollte $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, also ungefähr 5 Quadratzoll Fläche haben: so würde man den beiden Hebelsarmen das Verhältnifs 5 zu 1 geben, so dafs $\frac{AC}{BC} = \frac{1}{5}$ wäre. Das Gewicht P bringt

dann in A einen Druck $P.\frac{BC}{AC}=5P$ hervor; welches die gesammte Belastung des Ventils ist. Da nun das Ventil 5 Quadratzoll Fläche hat, so ist der Druck auf jeden Quadratzoll desselben $\frac{5P}{5}$ oder P. Sollte das Ventil 3 Zoll Durchmesser, also etwa 7 Quadratzoll Fläche bekommen, so müſste man den beiden Hebelsarmen das Verhältniſs 7 zu 1 geben.

Wir sagten, daſs man statt eines Gewichts am Ende des Hebels eine *Feder* anzubringen pflege. Dieselbe ist eine *Spiralfeder*, welche, mehr oder weniger zusammengedrückt, einen gröſsern oder geringern Widerstand leistet. Es befindet sich also in B eine *Federwage*, von der Art, wie man sich derselben zum häuslichen Bedarf bedient.

Eine solche Federwage hat eine Stange T (Fig. 16.), die man in der Hand hält, und an welcher eine Platte rs, mit einer langen und engen Öffnung, befestigt ist. Hinter der Platte ist eine cylindrische Röhre, in welcher sich eine Spiralfeder befindet, die sich in L gegen den Boden der Röhre stemmt. Am andern Ende wird die Feder durch ein Querstück mn gepreſst. Am untern Boden der Röhre ist eine Stange P, an welche die zu wägenden Gewichte gehängt werden. Eine Verlängerung des Querstücks mn reicht durch den Schlitz der Platte, und trägt einen Zeiger, welcher, so, wie die Feder mehr oder weniger zusammengedrückt wird, auf und nieder geht. An dem Schlitze ist eine Theilung angeschrieben. Um dieselbe zu machen, werden bestimmte Gewichte von 1 Pfd., 2 Pfd. u. s. w. an P angehängt, und es werden die Puncte, bis zu welchen die Gewichte, indem sie die Feder zusammendrücken, den Zeiger heben, angemerkt. Wenn nun nachher ein zu wägendes Gewicht an P angehängt wird, und dasselbe treibt den Zeiger, z. B. bis zu dem Puncte 10 in die Höhe, so sieht man daraus, daſs das Gewicht 10 Pfd. beträgt. So sind die Federwagen eingerichtet, durch welche man die Spannung der Dämpfe bei den Dampfwagen miſst. Man sieht, daſs sich die Scale der Wage, wenn man sie abnimmt, und bestimmte Gewichte anhängt, leicht verificiren läſst.

Wenn bei der Maschine der Fuſs P der Wage, an welchen sonst die zu wägenden Gewichte gehängt werden würden, auf dem Kessel befestigt ist, die Stange T dagegen, welche man beim Wägen in der Hand halten würde, an dem Arme des Hebels: so geht diese Stange durch ein in den Arm des Hebels gemachtes Loch, und wird von oben auf dem He-

bel durch eine Schraube angezogen. Soll nun die Wage einen Druck, z. B. von 10 Pfund anzeigen, so darf man nur die Schraube so lange drehen, bis die Feder den Zeiger bis auf den Punct 10 treibt; und so für jedes andere Gewicht.

Um nun umgekehrt die Spannung der Dämpfe im Kessel zu messen, darf man nur die Schraube so weit lösen, bis der Dampf das Ventil zu heben anfängt. Denn alsdann ist die Spannung des Dampfes mit derjenigen der Feder der Wage im Gleichgewicht, und man sieht den Betrag der Spannung in Pfunden am Zeiger der Wage.

§. 20.

Von den nöthigen Correctionen der Gewichts-Angaben der Federwage.

Auf die so eben beschriebene Weise pflegt man meistens den Druck auf das Dampfventil zu berechnen. Es ist indessen leicht zu sehen, dafs es, rücksichtlich der Art, wie die Federwage auf das Ventil wirkt, um die Spannung des Dampfes im Kessel zu erfahren nicht hinreicht, die Zahl von der Scale abzulesen, und daraus den Druck des andern Hebel-Armes auf die obige Weise zu ermitteln. Zuerst kommt nemlich vielmehr die Wirkung des Gewichtes des Hebels selbst in Betracht; denn ehe der Dampf auf die Feder am Ende des Hebels wirken kann, mufs er erst den Hebel selbst heben. Eben so mufs er auch erst das Gewicht des Ventils heben. Sodann wird, wenn man die Wage beim gewöhnlichen Wägen in der Hand hält, die zu wägende Last an den *Boden* der Wage angehängt. Dann aber trägt die Hand die oberen Theile derselben, nemlich die Stange, nebst der Feder, woran sie befestigt ist; was nicht in Betracht kommt, da es keine Theile der zu wägenden Last sind. Hier hingegen sind die Stange, die Schraube und die Feder ein Theil des an dem Ende des Hebels aufgehängten Gewichts, welches zu dem durch den Index angezeigten Gewichte hinzukommt. Alle diese zusätzlichen Gewichte mufs erst die Feder heben, ehe sie auf das Ventil wirken kann. Jene Gewichte müssen also in Rechnung gebracht werden. Man erfährt daher den Druck auf das Ventil erst, wenn man zu den bei Eichung der Feder angehängten Gewichten den Widerstand des Gewichts des Hebels, und den Druck hinzuthut, welchen das Gewicht der Stange und der Feder am Ende des Hebels hervorbringt.

Erstlich: um die Wirkung des Hebels auf das Ventil zu finden, mufs der Hebel von der Wage abgelöset werden. Es mufs ein Faden um

den Dorn *A* gewunden, oder durch die dortige Öffnung des Hebels gezogen, und dann der Zug des Hebels an dem Faden durch eine andere Federwage gewogen werden. Dieses Gewicht wird den Druck des Hebelgewichts auf das Ventil geben, zu welchem nun noch das Gewicht des Ventils selbst hinzukommt, welches durch gewöhnliches Wägen gefunden wird. Wenn der Hebel, wie gewöhnlich, 3 Fuſs lang und angemessen dick ist, so drückt er auf das Ventil so stark, als ein Gewicht von 27 bis 28 Pfund. Die Scheibe eines Ventils von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, und $\frac{1}{2}$ Zoll dick, wiegt etwa $\frac{2}{3}$ Pfund. Es vertheilt sich also noch ein Gewicht von etwa $28\frac{1}{2}$ Pfd. auf die Fläche des Ventils; es kommen daher, wenn dieselbe 5 Quadratzoll beträgt, noch etwa $5\frac{1}{2}$ Pfund zusätzlicher Druck auf den Quadratzoll, hinzu. Ist der Hebel bloſs 15 Zoll lang, so drückt er mit $7\frac{1}{2}$ Pfd. auf das Ventil, und es kommen, mit Rücksicht auf das Gewicht der Ventilscheibe selbst, auf den Quadratzoll ihrer Fläche etwa $1\frac{1}{2}$ Pfd. hinzu.

Zweitens. Um das Gewicht der von dem Hebel getragenen Theile der Wage zu erfahren, muſs man dieselbe aus einander nehmen, und die Stange und die Feder besonders wägen. Indessen kann man diese Operation auch ersparen, wenn man die Wage umgekehrt, die Stange nach oben, aufhängt. Der Zeiger wird dann den Unterschied zwischen dem Gewichte der Stange, nebst Feder, und dem Gewichte des übrigen Theils anzeigen. Sucht man darauf das Gewicht der ganzen Wage durch gewöhnliches Wägen, so läſst sich daraus das Gewicht der Feder nebst Stange berechnen. Hat man nemlich für die eigentliche Lage der Wage 0 an den Punct des Zeigers für den Fall gesetzt, wo kein Gewicht angehängt ist, und wo also die Feder bloſs den untern Theil der Wage trägt; und man hängt nun Gewichte an, und merkt für jedes den Stand des Zeigers: so giebt der Zeiger die Spannung der Feder für diese Gewichte an, zusammen mit dem Gewichte des untern Theils der Wage. Kehrt man darauf die Wage um, die Stange nach oben: so wird die Feder von dem Gewichte der Stange und der Feder gezogen. Zeigt jetzt der Index Null, so wiegen die Stange und die Feder eben so viel, wie der untere Theil der Wage. Zeigt derselbe dagegen 2 Pfd., 3 Pfd., so wiegen die Stange und die Feder 2, 3 Pfd. mehr, als der Wage unterer Theil. Gesetzt *B* sei das Gewicht der ganzen Wage, *T* das Gewicht der Stange nebst Feder, P' das Gewicht des untern Theils der Wage, und die Wage zeige, umgekehrt, m Pfund, so ist $m = T - P'$. Andererseits ist das Gewicht der Wage

gleich dem Gewicht ihrer einzelnen Theile, das heifst, es ist $B = P' + T$. Addirt man die beiden Gleichungen, so findet sich $B + m = 2T$, und folglich $T = \frac{1}{2}(B + m)$.

Wenn der Hebel blofs 15 Zoll lang ist, so wiegt die Wage gewöhnlich 4 Pfd., und zeigt umgewendet $1\frac{1}{2}$ Pfd. Also ist in diesem Falle $T = \frac{1}{2}(4 + 1\frac{1}{2}) = 2\frac{3}{4}$ Pfd.; welches Gewicht zu demjenigen, so auf das Ende des Hebels wirkt, und welches die Wage anzeigt, hinzugethan werden mufs. Ist der Hebel 3 Fufs lang, so kann die Wage schwächer sein. Sie wiegt dann gewöhnlich nur 2 Pfd., und zeigt umgewendet $1\frac{1}{2}$ Pfd., welches für das Gewicht der Stange und der Feder $T = \frac{1}{2}(2 + 1\frac{1}{2}) = 1\frac{3}{4}$ Pfd. giebt. Addirt man nun diese Gewichte zu denen, welche der Index der Wage anzeigt, und nimmt aufserdem auf die Wirkung des Gewichts des Hebels Rücksicht: so findet sich der wirkliche Druck auf das Ventil; und dieser, durch die Zahl der Quadratzolle seiner Fläche dividirt, giebt den Druck auf einen Quadratzoll des Ventils.

Aus dem Vorhergehenden sieht man, dafs durch Nichtberücksichtigung des Gewichts des Hebels und der Wage für einen langen Hebel ein Irrthum von 7 bis 8 Pfd., und für einen kurzen Hebel eine Differenz von 3 bis 4 Pfd. entstehen kann; was immer beträchtlich genug ist.

Bezeichnet man, zusammengenommen,

Das Gewicht, welches der Index anzeigt, durch P;

Das Gewicht der Stange nebst Feder der Wage durch T;

Die Wirkung des Gewichts des Hebels auf das Ventil durch L;

Das Gewicht des Ventils selbst durch D;

Die Fläche des Ventils, in Quadratzollen, durch S:

so ist, für Fig. 16. Taf. IV.,

$$\frac{(P + T)\frac{BC}{AC} + L + D}{S}$$

der Druck auf jeden Quadratzoll des Ventils.

Dafs die hier betrachteten Wirkungen nicht berücksichtigt werden, ist der Grund, warum man so oft an Dampfwagen Federwagen findet, welche, der Voraussetzung nach, für 50 Pfd. Spannung auf den Quadratzoll eingerichtet sind, während der Druck in der That 55 bis 60 Pfd. beträgt. Wir werden bald Gelegenheit zur Anwendnng dieser Auseinandersetzungen finden, die dann dadurch werden noch deutlicher werden.

§. 21.

Von dem Dampfventile.

Die obigen Irrthümer bei der Schätzung der Spannung der Dämpfe sind nicht die einzigen. Es giebt häufig noch andere, die zu berichtigen weniger leicht ist.

Damit das Ventil die Öffnung, welche es bedecken soll, genau verschliefse, ohne sich anzusaugen, mufs es ein wenig conisch oder mit schiefem Rande gemacht werden. Verschliefst nun das Ventil die Öffnung gänzlich, so kann der Dampf offenbar nur auf seine *untere* Fläche drücken. In diesem Fall also bezeichnet S in der obigen Formel die *untere* Fläche des Ventils. Man findet folglich durch die Formel in der That die Spannung der Dämpfe für den Fall, dafs die Ventilöffnung ganz verschlossen ist, oder dafs wenigstens das Ventil nur erst sehr wenig sich gehoben hat. Sobald aber Dampf in gröfserer Menge erzeugt wird, als ihn die Cylinder verbrauchen, und derselbe dann heftig durch die Ventilöffnung entweicht, hebt er das Ventil beträchtlich; und dann drückt er nicht mehr blofs auf die untere Fläche der Klappe, sondern offenbar auf eine gröfsere Fläche, die um so mehr zunimmt, je höher sich das Ventil hebt. Es drücke z. B. der Dampf auf die Fläche cd, Fig. 20. Taf. IV., statt auf die Fläche ab, so mufs man für S jene Fläche statt dieser setzen. Aber cd zu messen, um das Heben des Ventils zu berücksichtigen, ist schwer, wenn nicht unmöglich. Die Schwierigkeit der Berechnung wird noch dadurch vergröfsert, dafs der Dampf zwar auf die Fläche ab *senkrecht* drückt, auf die Flächen ca und bd hingegen *schief:* unter einem Winkel, der sich ändert, so wie das Ventil höher steigt.

Die Folge dieser Veränderung der Ventilfläche scheint zwar beim ersten Anblicke nur gering zu sein; aber sie ist in der That nicht unbeträchtlich. Es habe z. B. das Ventil unten $2\frac{1}{2}$ Zoll und oben 3 Zoll Durchmesser, wie es öfters wirklich der Fall ist. Nun habe der Durchmesser des Ventils, dadurch, dafs es von dem Dampfe gehoben wurde, nur um $\frac{1}{8}$ Zoll zugenommen, und betrage jetzt $2\frac{5}{8}$ statt $2\frac{1}{2}$ Zoll: so enthält seine Kreisfläche schon 5,41 statt 4,91 Quadratzoll. Wäre also der gesammte Druck auf das Ventil, von Seiten der Feder, des Hebels und des Gewichtes der Wage und des Ventils selbst, 245 Pfund: so kommen auf den Quadratzoll der Ventilfläche, in dem Falle, wenn dasselbe geschlossen ist,

$\frac{245}{4,91} = 50$ Pfd., und in dem Falle, wenn das Ventil, wie vorhin angenommen, von unten gehoben worden ist, nur $\frac{245}{4,91} = 45,27$ Pfd.; woraus folgt, daſs die Wage für merklich verschiedene Spannungen der Dämpfe nur eins und dasselbe anzeigt. Der Unterschied beträgt schon gegen 5 Pfd., und kann noch gröſser werden, wenn das Ventil sich noch weiter hebt. Die obige Berechnung paſst daher bloſs für den Fall, wo das Ventil gänzlich verschlossen, oder doch nur wenig gehoben ist.

Auſserdem muſs auch gewöhnlich noch das Ventil so gemacht werden, wie es Figur 21. zeigt; und dann wird nicht mehr die gröſsere untere Fläche *ab*, sondern die Fläche *cd* gedrückt. Also, wenn der Unterschied von *ab* und *cd* $\frac{1}{8}$ Zoll beträgt, so findet sich schon ein Unterschied von 4 bis 5 Pfd. Spannung auf den Quadratzoll. Man kann nun zwar wirklich *cd* statt *ab* messen, und in Rechnung bringen: aber es bleibt immer noch das Heben des Ventils übrig, dessen Wirkung sich nicht schätzen läſst.

[„Der Text dieses Paragraphs ist, ohne etwas Wesentliches wegzulas-„sen, bei der Übersetzung einigermaſsen zusammengezogen worden." D. H.]

Die Quecksilber-Wage, welche wir nunmehr beschreiben wollen, vermindert die Irrthümer: aber sie ist kostbar, und bis jetzt so selten, daſs, auſser bei der Liverpooler Eisenbahn, die Spannung der Dämpfe überall nur noch auf die obige Weise gemessen wird.

Abschnitt II.

Von dem Quecksilber-Spannungsmesser.

§. 22.

Einrichtung und Gebrauch desselben.

Die obigen Berechnungen können in vielen Fällen zureichend sein. Sie sind aber beschwerlich, und nicht ohne Ausmessung und Wägung verschiedener Theile der Maschine, welche Zeit und Mühe erfordern, ausführbar. Auch sind sie bloſs dann anwendbar, wenn die Maschine still steht. Ein Werkzeug, welches unmittelbar, und auf den bloſsen Anblick, die Spannung der Dämpfe angiebt, wird daher offenbar sehr nützlich sein. Denn es wird in allen Fällen, selbst wenn das Ventil gehoben ist, keine Schwierigkeit weiter übrig lassen, und alle Rechnung ersparen. Es kommt bloſs darauf an, auf welche Weise die Maschine der Probe zu unterwerfen sei.

Das hiezu gebräuchlichste Werkzeug ist der Quecksilber-Dampfspannungsmesser. Er beruht auf denselben Grundsätzen, wie der gewöhnliche Barometer. *Mbm* Fig. 18. Taf. IV. nemlich ist eine mit Quecksilber gefüllte Röhre. Das Quecksilber darf nicht höher steigen, als bis *M* und *m*. *FG* ist mit Wasser gefüllt. Das Wasser darf nicht höher steigen, als bis zu dem Hahn *E*, welcher bestimmt ist, das etwa durch Niederschlag hinzugekommene überflüssige Wasser abzulassen. *R* ist eine durch einen Hahn verschlossene Öffnung, durch welche Quecksilber und Wasser, wenn sie fehlen, eingegossen werden können. Endlich ist *C* eine angeschraubte Ansatzröhre, deren anderes Ende in den Dampfkessel hineinreicht. Diese Röhre ist biegsam, und gewöhnlich von Zinn. Sie bringt das Werkzeug mit dem Dampfkessel in Verbindung. Sie ist an demselben angeschraubt, und an der Kesselwand durch einen Hahn verschliefsbar.

Wenn nun das Instrument gebraucht werden soll, so giefst man noch so lange Quecksilber in die Öffnung *R*, bis man gewifs ist, dafs es in der Röhre die Puncte *M* und *m* erreicht hat. Hierauf wird die Schraube *M* geöffnet, damit das überflüssige Quecksilber abfliefse. Nun wird die Schraube *M* wieder geschlossen; es wird noch Wasser durch *R* in *FG* gegossen, und das etwa überflüssige durch den Hahn *E* abgelassen. Endlich wird das Instrument mit dem Dampfkessel in Verbindung gesetzt. Der durch *C* eindringende Dampf drückt nun vermöge seiner Spannung auf das Wasser in *FG*, und treibt dasselbe, folglich auch das Quecksilber in *Mb*, so weit hinunter, und mithin dasjenige in dem oben offenen Arme *mb* so weit hinauf, bis das Übergewicht des Quecksilbers mit der Spannung des Dampfes ins Gleichgewicht gekommen ist. Ein Schwimmer auf dem Quecksilber, in *m*, wird von demselben gehoben, und ein mittelst eines über eine Rolle *p* gehenden Fadens an den Schwimmer gehenkter Zeiger *S* fällt zwischen den Röhren so tief, wie das Quecksilber gestiegen ist, und zeigt an einer Scale die verschiedenen Spannungen des Dampfs an. Gesetzt, die Länge des Instrumentes von *M* bis *b* sei 78 Zoll (Engl.), so kann die Röhre *Mb* 156 Zoll hoch Quecksilber fassen; und da nun eine 156 Zoll hohe Quecksilbersäule, von 1 Quadratzoll Querschnitt, etwa 80 Pfd. wiegt, so mifst das Instrument einen Druck von 80 Pfd. auf den Quadratzoll.

Der Behälter *FG* ist 6 Zoll hoch, und hat 8 Zoll im Durchmesser. Das Wasser in demselben hat den Zweck, den Röhrenarm *mb* anzufüllen,

so wie das Quecksilber in demselben sinkt. Der Behälter FG hat einen viel gröſsern Durchmesser, als die Röhre, und sein Inhalt ist so berechnet, daſs er allenfalls den ganzen Röhrenarm mb füllen kann. Dieses ist nothwendig, damit das während der Messung durch den Niederschlag gebildete Wasser nicht in die Röhre gelange. Da dieselbe nur enge ist, z. B. nur $\frac{1}{2}$ Quadratzoll Querschnitt hat, so würde das Wasser in ihr alsbald zu einer beträchtlichen Höhe steigen, und es würde dadurch ein Überschuſs an Gegendruck entstehen, der das Resultat unrichtig machen würde. So dagegen vertheilt sich das niedergeschlagene Wasser über den gröſsern Querschnitt des Gefäſses FG, von 7 Quadratzollen, und die Druckhöhe, von welcher, wie bekannt, der Druck auf die Einheit der Fläche allein abhängt, verändert sich nur so wenig, daſs die Differenz füglich bei Seite gesetzt werden kann.

Um die Scale zu theilen, muſs man an derselben erst den Nullpunct suchen. Zu dem Ende wird, wie oben beschrieben, Quecksilber und Wasser eingegossen; die beiden Röhrenarme werden mit der Luft in freie Verbindung gesetzt, und darauf wird der Punct, an welchem der Zeiger steht, angemerkt; denn er ist derjenige, welcher dem Fall entspricht, wo der Arm Mb nichts weiter als den Druck der Luft zu tragen hat. Enthielten die beiden Arme der gebogenen Röhre nur Quecksilber allein, so würde dasselbe in beiden gleich hoch stehen. So drückt aber die Wassersäule EM das Quecksilber in den Arm Mb hinunter, und folglich in den Arm mb hinauf. Inzwischen kann man auch die Gleichheit der Höhe des Quecksilberstandes in beiden Röhrenarmen dadurch herstellen, daſs man den Schwimmer so schwer macht, daſs er der Wassersäule EM das Gleichgewicht hält.

Hierauf muſs, weiter, der andere äuſserste Punct der Scale gesucht werden. Gesetzt ω sei der Druck, welcher aufgewogen werden soll, und das Quecksilber steige zu dem Ende bis x. Um dieselbe Höhe mx, um welche das Quecksilber in dem Arme mb gestiegen ist, muſs es in dem Arme Mb gefallen sein, z. B. bis x_1. Es muſs also $mx = Mx_1$ sein, und der Theil Mx_1 der Röhre Mb muſs sich aus dem Behälter EF mit Wasser gefüllt haben. Das Quecksilber, welches sich *unter* einer Horizontalen durch x_1 befindet, steht im Gleichgewicht mit sich selbst. Wir haben daher nur die Bedingungen des Gleichgewichts *über* der Horizontalen durch x_1 in Rechnung zu bringen. Über dieser Horizontalen wirkt in dem einen

Röhrenarme der Druck der Wassersäule $Mx_1 = x$, und die Dampfspannung ω: in dem andern eine Quecksilbersäule von der Höhe $2x$, und der Druck der Atmosphäre. Bezeichnet man

Durch P das Gewicht der Quecksilbersäule;
Durch P_1 das Gewicht der Wassersäule;
Durch ϱ den Druck der Luft und, wie vorhin,
Durch ω die Dampfspannung:

so ist

$$\varrho + P = P_1 + \omega,$$

oder

$$P = P_1 + (\omega - \varrho).$$

$\omega - \varrho$ ist das Übergewicht der Dampfspannung über den Druck der Luft, oder die *wirksame* Spannung des Dampfs, auf welche es bei allen Hochdruckmaschinen ankommt. Die Quecksilbersäule, deren Gewicht wir durch P bezeichneten, hat den Querschnitt der Röhre zur Grundfläche, welche b sein mag, und zur Höhe $2x$. Ihr Volumen ist also $2bx$, und wenn δ die Dichtigkeit des Quecksilbers ist, so ist ihre Masse $2\delta bx$. Ist ferner g die beschleunigende Kraft der Schwere, so ist $2g.\delta bx$ das Gewicht der Säule, d. h. es ist $P = 2g\delta bx$. Der Querschnitt der Wassersäule ist ebenfalls b, ihre Höhe x, also ihr Volumen bx, und wenn die Dichtigkeit des Wassers durch δ_1 bezeichnet wird, ihr Gewicht $P_1 = g\delta_1 bx$. Setzt man die Dichtigkeit des Wassers $= 1$, so ist die des Quecksilbers 13,568; also ist $\delta_1 = \frac{\delta}{13{,}568}$, und folglich $P_1 = \frac{g\delta bx}{13{,}586}$. Andrerseits kann der wirksame Druck des Dampfes $\omega - \varrho$ immer durch denjenigen einer Quecksilbersäule ausgedrückt werden, die auf den Querschnitt b eben so stark wirkt, als der Druck des Dampfes. Bezeichnet man

Durch h die Höhe dieser Quecksilbersäule,

so ist

$$\omega - \varrho = g\delta bh.$$

Setzt man diese Werthe von P_1, P und $\omega - \varrho$ in die obige Gleichung für das Gleichgewicht, so erhält man

$$2g\delta bx = \frac{g\delta bx}{13{,}568} + g\delta bh,$$

und daraus

$$2x = \frac{x}{13{,}568} + h \quad \text{und} \quad x\left(2 - \frac{1}{13{,}568}\right) = h,$$

oder

$$x = 0{,}51913\,h.$$

Die Höhe der Quecksilbersäule, deren Druck dem des Dampfes gleich kommt, ist leicht zu finden. Denn man weifs, dafs eine Quecksilbersäule von 1 Zoll hoch auf jeden Quadratzoll ihrer Grundfläche mit dem Gewicht von 0,52292 Pfd. drückt. Daraus läfst sich die Höhe jeder andern Säule leicht berechnen. Z. B. die Höhe einer Säule, die den Druck von 70 Pfd. vorstellt, giebt die Proportion:

$$0{,}52292 \text{ Pfd.} : 1 \text{ Zoll} = 70 \text{ Pfd.} : h,$$

woraus $h = 133{,}86$ folgt. Dieses giebt weiter oben in Zollen:

$$x = 0{,}51913 . 133{,}86 = 69{,}49 \text{ Zoll};$$

das heifst: das Quecksilber mufs, um einer Spannung des Dampfes von 70 Pfd. auf den Quadratzoll das Gleichgewicht zu halten, 69,49 Zoll über m in die Höhe steigen.

Dieselbe Rechnung pafst für jeden anderen Druck; aber sie ist nicht immer zu wiederholen nöthig. Denn wenn man einmal den Nullpunct, und den dem Maximo des Drucks correspondirenden Punct der Scale gefunden hat, so darf man nur den Abstand der beiden Puncte in gleiche Theile theilen, um die Scale zu graduiren, weil, wie wir gesehen haben, x blofs von h abhängt, und ihm proportional ist.

[„Diese Rechnung läfst sich auch kürzer, wie folgt, machen."

„Ein Cubikzoll Quecksilber wiegt, nach der obigen Annahme, „0,52292 Pfund. Also ist der Druck *von unten* auf *jeden Quadratzoll* „des Querschnitts der Röhre, in x_1, gleich $2x . 0{,}52292$ Pfd. Denn das Queck„silber, welches sich in der Röhre *unter* der Horizontale durch x_1 befindet, „steht mit sich selbst im Gleichgewicht, und es drückt auf den Querschnitt „x_1 nur eine Quecksilbersäule von der Höhe $2x$. Ein Cubikzoll Wasser „wiegt $\frac{0{,}52292}{13{,}568}$ Pfd., nach der obigen Annahme, weil das Quecksilber 13,568 „mal so schwer sein soll, als Wasser. Also ist der Druck auf jeden „Quadratzoll des Querschnittes x_1, *von oben*, in so weit derselbe von dem „Gewichte der Wassersäule über x_1, deren Höhe x ist, herrührt, gleich „$x . \frac{0{,}52922}{13{,}568}$. Aufser der Wassersäule über x_1 aber drückt auch noch *von* „*oben* auf den Querschnitt x_1 die wirksame Spannung des Dampfes. Be„zeichnet man dieselbe, für den Quadratzoll in Pfunden ausgedrückt, durch „s: so ist der *gesammte* Druck *von oben* auf jeden Quadratzoll des Quer„schnitts x_1 gleich $\left(s + x . \frac{0{,}52922}{13{,}568}\right)$ Pfd. Dieser Druck *von oben* mufs dem

„Drucke von *unten*, welcher $2x.0{,}52292$ Pfd. war, im Stande des Gleich-„gewichts gleich sein. Also muſs sein:

$$2x.0{,}52292 = s + x.\frac{0{,}52292}{13{,}568},$$

„und daraus folgt

$$x\left(2-\frac{1}{13{,}568}\right)0{,}52292 = s,$$

„und

$$x = 0{,}9927.s,$$

„wo s die *Zahl der Pfunde* der Spannung des Dampfes auf 1 Quadrat-„zoll, und x die *Zahl der Zolle* der Höhe der Quecksilbersäule mx bezeich-„net. In dem Beispiele des Textes ist $s = 70$. Für dieses Beispiel giebt „also der vorige Ausdruck, wenn man darin $s = 70$ setzt, $x = 69{,}49$ Zoll; „wie oben. Man sieht, daſs man, weil 0,9927 der Einheit *sehr* nahe „kommt, ohne merkliche Fehler setzen könnte:

$$x = s,$$

„so daſs also das Quecksilber in der Röhre gerade um so viel *Zolle* steigen „muſs, als die Zahl der *Pfunde* ist, mit welcher der Dampf auf 1 Qua-„dratzoll Fläche drückt. Diese zufällige Übereinstimmung der beiden „Zahlen bei *Preuſsischem* Maaſse, die für *Englisches* Maaſs nicht Statt „findet, ist für die Praxis recht günstig." D. H.]

Wenn einmal die Quecksilberwage geeicht und graduirt ist, so darf man nur, wenn irgend ein Zweifel über die Spannung des Dampfes im Kessel entsteht, das Instrument ansetzen. Dasselbe zeigt dann sogleich die wahre Spannung, das Ventil mag gehoben oder geschlossen sein.

§. 23.

Von der Spannung der Dämpfe in den Kesseln der Dampfwagen, während diese sich fortbewegen.

Wenn man sich der Quecksilberwage bedient, um die Spannung der Dämpfe während eines Versuchs zu messen, so muſs man auf folgenden Umstand Acht haben. Behielte der Dampf, wenn das Ventil einmal regulirt ist, während der ganzen Fahrt *dieselbe* Spannung, so brauchte man dieselbe nur einmal, vor der Abfahrt, zu messen. Nachdem das Ventil für die Spannung, welche man verlangt, gestellt worden, dürfte das Instrument nur angesetzt werden; und nachdem die correspondirende Spannung bestimmt worden, würde dieselbe, in so fern weiter keine Änderung an der Federwage gemacht wird, jeden Augenblick während der ganzen Reise ersehen werden können.

So rechnen Einige, es mag von der Quecksilberwage Gebrauch gemacht worden sein, oder nicht. Wenn sie gefunden haben, daſs der Dampf mit 50 Pfund wirksamen Druck auf den Quadratzoll das Ventil hebt: so betrachten sie diesen Punct als denjenigen, wo der Dampf immer ausströmt, und setzen voraus, daſs derselbe, ohne sonstige Veränderung des Ventils, nie eine stärkere Spannung als 50 Pfund annehme. Versuche haben indessen gezeigt, daſs dieser Schluſs nicht richtig ist.

Man bemerkt bald, wenn man einen Dampfwagen aufmerksam betrachtet, daſs die Spannung des Dampfes im Kessel sehr *veränderlich* ist, wenn gleich das Ventil unveränderlich bleibt. Bewegt sich die Maschine schnell, mit mäſsiger Ladung, und gelangt an einen Abhang der Bahn, so muſs sie sogleich, wie gering auch der Abhang sein mag, eine stärkere Zugkraft entwickeln, weil die Wirkung des Gewichts der gesammten Masse auf der schiefen Ebene den Widerstand verstärkt. Die Wirkung des Abhanges wird um so bemerkbarer sein, je geringer die Zugkraft auf den *horizontalen* Stellen der Bahn war. So erfordert eine Ladung von 2240 Pfd. auf horizontaler Bahn nur etwa 8 Pfd. Zugkraft: auf einem Abhange von 1 auf 100 dagegen schon fast 4 mal so viel, nemlich, zur Überwindung der Wirkung auf der schiefen Ebene noch $\frac{2240}{100} = 22{,}4$ Pfd. *mehr*. Die Folge der plötzlich nothwendigen Vermehrung der Zugkraft ist aber, daſs der Dampfwagen, so wie er an dem Fuſse des Abhanges anlangt, seine Geschwindigkeit beträchtlich vermindern muſs. Gesetzt, er habe bis dahin 480 Cylinder voll Dampf in der Minute verbraucht, und müsse nun, wegen des vergröſserten Widerstandes auf der Bahn, seine Geschwindigkeit bis auf den dritten Theil ermäſsigen, so wird er fortan nur 160 Cylinder voll Dampf consumiren. Gleichwohl aber erzeugt das durch den Lauf bis dahin heftig erregte Feuer fortwährend noch eben so viel Dampf. Zwar wird dieser Dampf mit gröſserer Spannung consumirt; aber die Erfahrung lehrt, daſs die Erhöhung der Spannung nicht die gröſsere Menge des Dampfes compensirt. Das Ventil muſs also anfangen, eine groſse Menge überflüssigen Dampfes abzuführen, welcher nun, um zu entweichen, das Ventil hebt. Aber das Ventil kann sich nicht heben, ohne die Feder der Wage zu drücken, und folglich ihre Spannung zu verstärken: also kann der Dampf nicht entweichen, ohne Erhöhung seiner eigenen Spannung. In der That hebt die Kraft der Spannung des

Dampfes an der Wage sogleich mehrere Pfund auf den Quadratzoll mehr, je nach der Heftigkeit des Feuers und der Construction der Maschine. Es ist also sehr gefehlt, wenn man annimmt, die wirksame Spannung des Dampfes steige nicht über 50 Pfund, weil sich bei dieser Spannung das Ventil hebt.

Wenn der entweichende Dampf das Ventil auf eine gewisse Höhe hebt, so wird der Zeiger um so stärker an der Scale weichen, je gröſser der Hebel der Wage ist; und um so gröſser wird die Spannung der Feder der Wage werden. Ein langer Hebel wird eine gröſsere Steigerung der Spannung anzeigen, als ein kürzerer.

Wir werden weiter unten sehen, daſs der Dampfwagen *Atlas*, dessen Hebel kurz ist, und dessen Ventil 2 Zoll 5 Linien im Durchmesser hat, vor Hindernissen die Spannung seines Dampfes von 54,4 bis auf 57,5 Pfd. steigert; dagegen die *Fury*, deren Hebel lang ist, und deren Ventil 2 Zoll 11 Linien im Durchmesser hat, unter denselben Umständen, von 54,4 bis auf 63,7 Pfd. Diese Veränderung der Spannung hängt zunächst von der durch Hindernisse der Bahn entstehenden Erhöhung des Widerstandes gegen die Zugkraft, oder von der Verminderung der Geschwindigkeit, und dann von den Abmessungen der Ventile, Hebel und Wagen ab, so wie von der Verdampfungsfähigkeit des Kessels: das heiſst, von der Menge des Dampfes, welchen die Maschine entwickelt.

Wegen dieser Steigerung der Spannung der Dämpfe in den Dampfwagen, für den Fall, daſs sie, Hindernisse wegen, ihre Geschwindigkeit mäſsigen müssen, haben diejenigen mit langen Hebeln einen wesentlichen Vorzug vor denen mit kurzen Hebeln, z. B. für das Ersteigen von Abhängen. Der Vortheil wird freilich nur dadurch erreicht, daſs man die Maschine einem stärkern Druck unterwirft, was sich eben sowohl durch Anziehen der Schraube der Federwage erreichen lieſse, um, nach Verhältniſs, die Spannung im Kessel zu erhöhen. Aber immer würde diese Veränderung gerade nur den Beweis geben, daſs nun eine gröſsere Kraft wirken müsse, und daſs es also unrichtig ist, anzunehmen, die Spannung des Dampfes übersteige nie 50 Pfund.

Die gedachte Veränderung der Spannung des Dampfes findet nur Statt, wenn sich die Maschine *fortbewegt*, also getrennt von der Quecksilberwage ist. Wenn daher eine Maschine unter gewissen Umständen gewirkt, das heiſst, eine bestimmte Ladung gezogen hat, und man hat nun

zu wissen nöthig, wie stark dabei die Spannung des Dampfes war: so muſs man während des Versuches die verschiedenen Grade niederschreiben, welche die Wage anzeigte. Hierauf muſs man nach Beendigung des Versuches die Quecksilberwage ansetzen, und das Feuer anschüren lassen, um den Zeiger der Wage durch alle die Grade zu treiben, welche er während der Fahrt angab. Dabei beobachtet man dann die Quecksilberwage, und findet die den verschiedenen Graden der Spannung correspondirende Spannung der Dämpfe. Auf diese Weise sind wir bei unsern Versuchen verfahren. Wir brachten der Reihe nach alle die Dampfwagen, mit welchen wir Versuche anstellten, und die alle mehr oder weniger von einander verschieden waren, unter die Quecksilberwage, und notirten die mit den Theilpuncten der Federwagenscale correspondirenden Grade der Quecksilberwage.

§. 24.

Versuche über die Spannung der Dämpfe in Dampfwagen.

Da diese Versuche zur Erläuterung der obigen Bemerkungen gereichen, und die Wirkung der Ventile näher zeigen, auch den weiter unten folgenden Rechnungen über Dampfwagen zur Grundlage dienen, so geben wir von denselben folgende nähere Nachricht.

I. *Der Atlas.* Das Ventil hat 2 Zoll 5 Linien im Durchmesser, oben 2 Zoll 7,8 Linien. Es ist, nach Fig. 22., in seiner halben Dicke conisch. Die Hebel haben das Verhältniſs 1 zu 5. Ein zweites Sicherheitsverhältniſs ist vorhanden, aber so stark gespannt, daſs es bei keinem Versuche sich hob.

Die Maschine wurde am 15. Juli, 31. Juli und 6. August 1834 unter die Quecksilberwage gebracht und gab folgende correspondirende Resultate.

Spannung auf den Quadratzoll.

No. I.		No. II.		No. III.	
Nach der Federwage.	Nach der Quecksilberwage.	Nach der Federwage	Nach der Quecksilberwage.	Nach der Federwage.	Nach der Quecksilberwage.
0 Pfd.	4,16 Pfd.	20,78 Pfd.	25,39 Pfd.	52,59 Pfd.	55,41 Pfd.
10,26 -	15,65 -	21,03 -	25,91 -	52,85 -	55,93 -
11,28 -	15,90 -	22,60 -	26,42 -	53,10 -	56,44 -
20,52 -	26,16 -	23,60 -	26,93 -	53,36 -	56,44 -
20,78 -	26.42 -	24,37 -	27,70 -	53,87 -	56,95 -
21,29 -	26,93 -	25,65 -	28,99 -		
23,08 -	28,22 -	30,79 -	34,38 -		
		31,05 -	35,41 -		
		31,30 -	35,92 -		
		33,87 -	38,49 -		
		34,12 -	39,00 -		

Bei den Versuchen No. I. wurde die Spannung an der Federwage in dem Moment angemerkt, ehe noch das Ventil sich hob, oder doch, nachdem es so wenig als möglich sich gehoben hatte, also noch keinen Dampf ausströmen liefs. Zu diesem Ende wurde die Maschine unter die Wage gebracht, nachdem sie ihr Tagewerk vollendet hatte, zu der Zeit, wo das Feuer schnell abnahm, also auch der Druck, und allmälig das Blasen des Ventils, bis dieses gänzlich aufhörte. So wie der Druck, den die Quecksilberwage zeigte, abnahm, wurde die Schraube der Wage gelüftet, um auch noch die geringeren Spannungen messen zu können.

Der der Null an der Wage entsprechende Grad konnte nicht gemessen werden. Die Wage zeigte schon ein wenig unter Null, als der Zeiger auf 4,16 Pfund stand.

Die Versuche No. II. wurden mit der Maschine zu der Zeit angestellt, wo, nachdem die Schraube der Wage gelüftet worden war, die Dampfspannung nur noch 20,5 Pfd. auf den Quadratzoll betrug. Das Feuer wurde darauf angeschürt und die Schraube allmälig angezogen. Dadurch wurden die angezeigten Grade hervorgebracht, und es wurden die correspondirenden Grade der Quecksilberwage notirt. Bei den Versuchen No. I. blieb das Ventil ungehoben. Bei dem No. II. dagegen nahm der Druck des Dampfes so schnell zu, dafs er fortwährend das Ventil hob, so dafs alle Grade für ein blasendes Ventil zu verstehen sind. Indessen wurde diese Schraube immer in dem Maafse beim Zunehmen der Spannung angezogen, dafs die Ausströmung des Dampfes nie beträchtlich war, und nicht über 1 bis 2 Pfund Druck an der Federwage betragen konnte.

Bei den Versuchen No. III. war die Maschine in ihrem gewöhnlichen Wirkungszustande. Die Federwage zeigte nemlich 51,3 Pfund Druck, so wie das Ventil, durch einen Druck mit der Hand auf den Hebel, geschlossen war, und hob sich, so wie der Dampf ausströmte und die Kraft zum Heben des Ventils hatte. Wenn man die Schraube nicht in dem Verhältnifs anzog, wie der Druck zunahm, wurde das Ventil höher gehoben, als in irgend einem der vorigen Fälle.

Man sieht, dafs bei den Versuchen No. I. der Druck durch die Quecksilberwage etwa um 5 Pfund höher angezeigt wurde, als durch die Federwage; bei den Versuchen No. II. etwa nur um 4 Pfund; und bei den Versuchen No. III. etwa um 3 Pfund.

Diese Unterschiede erklären sich nun leicht aus den obigen Bemerkungen.

Der Wagehebel drückte nemlich durch sein Gewicht auf das Ventil mit 7,26 Pfund; die Ventilscheibe wog 0,63 Pfund; was zusammen 7,89 Pfund Druck auf das Ventil giebt. Das Gewicht der Stange und der Feder der Wage betrug 2,66 Pfd., was für das Verhältnifs der Hebelsarme, von 1 zu 5, noch eine Wirkung von 13,3 Pfd. auf das Ventil giebt, so dafs also der gesammte Druck auf das Ventil von Seiten der Wage 7,89 + 13,3 = 21,19 Pfd. betrug. Nun betrug die Fläche des Ventils 4,63 Quadratzoll: also kommt für den Druck auf den Quadratzoll Ventilfläche $\frac{21,19}{4,63}$ = 4,58 Pfund, so dafs der Druck auf das Ventil 4 bis 5 Pfund mehr beträgt, als die Federwage angiebt.

Hiebei ist angenommen, dafs sich das Ventil nicht hob, so dafs also, wie oben geschehen, die untere Fläche desselben in Rechnung gebracht werden mufste. So wie nun aber das Ventil gehoben wird, wird seine Fläche gröfser, und es erklärt sich daraus, warum durch ein mäfsiges Blasen des Ventils der Unterschied der Angaben der beiden Wagen von 5 auf 4 Pfund, und bei starkem Blasen, bis auf 3 Pfund sich verminderte. Macht man z. B. die Rechnung für das Gewicht von 50,32 Pfund, welches die Federwage anzeigte, so erhält man (50,32 + 2,66) . 5 = 264,9 Pfund für die Wirkung des an das Ende des Hebels angehängten Gewichts, mit Einschlufs desjenigen der Stange und der Feder der Wage. Dazu 7,89 Pfd. Druck des Hebel- und Ventilgewichts: thut zusammen 272,79 Pfund Druck auf das Ventil. Dieses durch 4,63 Quadratzoll Fläche des Ventils dividirt, giebt 58,92 Pfund Druck auf den Quadratzoll. In der Wirklichkeit war der Druck auf den Quadratzoll, der Quecksilberwage zufolge, nur 56,44 Pfd. Also mufste die Fläche des gehobenen Ventils von 4,63 auf 4,84 Quadratzoll, mithin sein Durchmesser von 2,43 auf 2,47 Zoll zugenommen haben. So war also eine Zunahme des Ventil-Durchmessers von 0,04 Zoll hinlänglich gewesen, um schon eine Differenz von etwa 25 Pfund hervorzubringen. Die Wirkung des Blasens des Ventils ist daher, wie man sieht, bedeutend. Sie kann lediglich durch die Quecksilberwage, und auf keine Weise an den Maschinentheilen gemessen werden.

II. *Die Vesta.* Der Durchmesser des Ventils ist 2,43 Zoll. Das Verhältnifs der Arme des 2,91 Fufs langen Hebels ist 1 zu 12. Ein zwei-

tes Ventil, von gleichem Durchmesser wie das erste, hat einen Hebel von 1,46 Fuſs lang, dessen Arme in dem Verhältniſs 1 zu 6 sind. Es zeigt 48,4 Pfund Druck an der Wage, und läſst, zugleich mit dem ersten Ventile, den Dampf ausströmen, ist aber so schwer zu bewegen, daſs 5 Pfund mehr Druck an der Quecksilberwage es noch nicht heben. Die Maschine wurde am 28. Juli und 5. August 1834 unter die Quecksilberwage gebracht, auf dieselbe Weise wie der *Atlas*, und die Resultate waren folgende.

No. I.		No. II.	
Angabe der Federwage.	Spannung auf den Quadratzoll, nach der Quecksilberwage.	Angabe der Federwage.	Spannung auf den Quadratzoll, nach der Quecksilberwage.
8,32 Pfd.	24,62 Pfd.	19,36 Pfd.	Das Ventil hob sich.
8,71 -	25,14 -	20,33 -	51,31 Pfd.
9,19 -	26,68 -	20,57 -	52,34 -
9,68 -	27,70 -	20,81 -	53,36 -
9,91 -	28,73 -	21,30 -	54,64 -
10,15 -	29,76 -	21,54 -	55,41 -
10,39 -	30,79 -	21,78 -	56,44 -
11,61 -	32,33 -		
11,85 -	32,84 -		
12,09 -	33,87 -		
12,33 -	34,89 -		
12,82 -	35,92 -		
13,06 -	36,95 -		
13,30 -	37,97 -		
13,54 -	39,00 -		

Bei den Versuchen No. I. wurde die Schraube der Wage allmälig so angezogen, daſs das Ventil möglichst ungehoben erhalten wurde, und wenig blies.

Bei den Versuchen No. II. wurde die Quecksilberwage angesetzt, als die Maschine sich in ihrem gewöhnlichen Wirkungszustande befand, die Federwage 20,5 zeigte, und der Hebel angedrückt wurde, um das Ventil zu schlieſsen. Die beobachteten Grade sind diejenigen, bei welchen das Ventil anfing, sich zu heben, nemlich bei 20,5.

Da die Arme des Ventilhebels dieser Maschine sich wie 1 zu 12 verhalten, so bringt ein Gewicht am Ende des Hebels einen 12 mal so groſsen Druck auf das Ventil hervor. Die Fläche des Ventils ist 4,63 Quadratzoll. Multiplicirt man daher die Angaben der Federwage mit 12, und

dividirt die Producte durch 4,63, so findet man den Druck, den die Federwage angiebt, auf den Quadratzoll. Diese Berechnung ist in der Regel ausreichend.

Vergleicht man die Resultate mit den Angaben der Quecksilberwage in den Versuchen No. I., so findet sich, dafs sie immer 3 bis 4 Pfund weniger geben; was also von der Wirkung des Gewichts der Theile der Wage herrühren mufs.

Der Druck des Hebelgewichts auf das Ventil ist 14,53 Pfund. Die Ventilklappe wiegt 0,59 Pfund. Die Wage ist hier nicht in der sonst gewöhnlichen Lage, sondern umgekehrt angebracht, nemlich so, dafs der Hebel, anstatt der Stange der Wage, blofs ihren Fufs trägt. Derselbe wiegt 0,24 Pfund, und wirkt also auf das Ventil mit $12.0,24 = 2,88$ Pfund Kraft. Der gesammte Druck auf das Ventil ist daher $14,53 + 0,59 + 2,88 = 18$ Pfund. Dieser Druck, durch die Fläche des Ventils dividirt, giebt 3,9 Pfund für den Quadratzoll; welches die Rechnung für den Fall, dafs das Ventil nicht gehoben wird, bestätigt.

In dem Falle des gehobenen Ventils, bei den Versuchen No. II., zeigt sich, dafs der wirkliche Druck geringer ist, als er mit einem für 4 bis 5 Pfund liegen bleibenden Ventil sein würde. Die Differenz kann nur durch die Quecksilberwage gefunden werden. Berechnete man in diesem Falle die Spannung auf dieselbe Weise, wie, wenn das Ventil nicht gehoben wird, d. h.: dividirte man den gesammten Druck mit 4,63 Quadratzoll Fläche des Ventils, so würde man etwa 4 Pfund zu viel finden. Hier trifft es sich also, dafs, wenn das Ventil beträchtlich gehoben wird, die das Blasen desselben betreffenden Reductionen zuletzt die Zulage, welche für das Gewicht des Hebels, der Ventilklappe und der Stange der Wage gemacht werden mufs, compensiren.

Diese Beispiele zeigen, wie unrichtig Berechnungen der Kraft oder der Wirkung von Maschinen sein können, wenn man die wirkliche Spannung der Dämpfe nicht manometrisch gemessen hat. Gleichwohl findet man, wie schon bemerkt, nur erst allein auf der Liverpooler Bahn eine Quecksilberwage.

III. Die *Firefly.* Das Ventil hat unten 2,43 Zoll, oben 2,91 Zoll im Durchmesser. Die Hebelsarme verhalten sich wie 1 zu 12, und sind 2,91 und 34,96 Zoll lang. Diese Maschine gab am 24. August 1834 Folgendes:

Angabe der Federwage.		Spannung auf den Quadratzoll, nach der Quecksilberwage.
16,45 Pfd.	Das Ventil hob sich.	
16,45 -		51,31 Pfd.
19,36 -		52,34 -

Die Zulage zu dem, was die Federwage gab, ist 8,22 Pfund auf den Quadratzoll, für Hebel, Ventil und Wage; und wenn das Ventil gehoben ist, so mag die Differenz 6,10 Pfund betragen, weil dies Ventil ziemlich conisch ist.

IV. Der *Leeds.* Das Ventil hat 2,91 Zoll unten und 3,03 Zoll oben im Durchmesser. Die Hebelsarme verhalten sich wie 1 zu 12, und sind 2,91 und 34,96 Zoll lang. Das zweite Ventil ist so stark angeschraubt, daſs es bei keinem Versuche sich hob. Die Maschine gab am 28. Juli und am 6. August 1834 Folgendes:

	Angabe der Federwage.		Spannung auf den Quadratzoll, nach der Quecksilberwage.
No. I.	27,10 Pfd.	Das Ventil hob sich.	
	28,55 -		51,31 Pfd.
	28,80 -		52,34 -
	29,04 -		52,85 -
	29,51 -		53,36 -
	30,00 -		54,39 -
No. II.	30,00 Pfd.	Das Ventil hob sich.	
	31,00 -		55,41 -
	31,94 -		56,44 -
	32,91 -		57,47 -
	34,85 -		59,01 -
No. III.	31,00 Pfd.	Das Ventil hob sich.	
	32,91 -		61,58 Pfd.

V. Der *Vulcan.* Das Ventil und die Hebelsarme sind ganz denen der vorigen Maschine gleich. Das zweite Ventil ist zwar verschieden, aber auch so fest geschraubt, daſs es bei keinem Versuche sich hob. Die Maschine gab am 28. Juli 1834 Folgendes:

Angabe der Federwage.		Spannung auf den Quadratzoll, nach der Quecksilberwage.
30,00 Pfd.	Das Ventil hob sich.	
33,88 -		58,98 Pfd.

VI. Die *Fury.* Mit beiden Ventilen und den Hebeln verhält es sich ganz so wie bei dem *Vulcan.* Die Maschine gab am 6. August und am 24. und 25. Juli 1834 Folgendes:

	Angabe der Federwage.		Spannnng auf den Quadratzoll, nach der Quecksilberwage.
No. I.	29,01 Pfd.	Das Ventil hob sich.	
	32,43 -		57,98 Pfd.
	32,67 -		59 01 -
	33,91 -		59,52 -
	34,85 -		64,14 -
No. II.	30,98 Pfd.	Das Ventil hob sich.	
	34,85 -		68,76 -

Bei den ersten Versuchen mit dem *Leeds* blies das Ventil, von 27,10 an, bis 29,01 Pfund an der Federwage. Bei der zweiten Reihe Versuche mit der nemlichen Maschine geschah dies von 29,01 bis 34,85 Pfund; was beträchtlich ist. Bei der dritten Reihe Versuche nur von 30,98 bis 33,91 Pfund. Bei der dritten Reihe war also die Reduction wegen der Schräge des Ventils am kleinsten.

Der Versuch mit dem *Vulcan* geschah während der gewöhnlichen Arbeit der Maschine.

Bei den Versuchen mit der *Fury* fanden sich zwei verschiedene Reductionen wegen der Schräge des Ventils; wie bei dem *Leeds*.

Für die Wirkung des Gewichtes der Hebel und der Stange der Wage sind zu der Spannung auf den Quadratzoll bei diesen 3 Maschinen 7,18 Pfund zu addiren. Aber einerseits hat das Blasen des Ventils, andrerseits der Umstand, daſs der Boden des Ventils nicht ganz umschlossen ist, die angegebene Reduction zur Folge, und es erklärt sich daraus die scheinbare Unregelmäſsigkeit der Resultate.

Abschnitt II.

Von einer neuen Federwage und einem Manometer.

§. 25.

Vorschlag zu einer Veränderung der gewöhnlichen Ventile.

Aus dem Obigen erhellet, wie schwierig es ist, durch eine Federwage von der gewöhnlichen Einrichtung die wirksame Spannung der Dämpfe in einem Dampfwagen auszumitteln; und daſs sich doch immer noch unrichtige Resultate ergeben können, wenn man keine Quecksilberwage zur Hand hat.

Diese Schwierigkeiten lassen sich durch eine Veränderung der gewöhnlichen Einrichtung des Ventils heben, zu welcher der Verfasser bei

seinem Aufenthalt in Liverpool, im Jahre 1834, einem der Directoren der dortigen Eisenbahn eine Zeichnung zurückgelassen hat.

Der Ruhepunct des Hebels mufs, wie in Fig. 17. Taf. IV., zwischen das Ventil und die Federwage gelegt werden, und diese mufs, wie beim gewöhnlichen Wägen, an ihrer Stange aufgehenkt werden. Der lange Arm mufs ferner mit dem kurzen und dem Gewichte des Ventils ins Gleichgewicht gebracht werden, was sich leicht machen läfst, nemlich entweder durch Verstärkung des kurzen Armes, oder durch eine, unter dem Ventil angebrachte verhältnifsmäfsige Masse von Metall. Endlich müssen sich die Hebelsarme wie die Zahl der Quadratzolle in der Fläche des Ventils zur Einheit verhalten, und das Ventil mufs genau passen.

Wenn man diese einfache Anordnung macht, so giebt die Zahl an der Wage unmittelbar, und ohne alle Rechnung, die wirksame Spannung der Dämpfe im Kessel an. Denn die Federwage befindet sich dann in ihrer natürlichen Lage, und das Gewicht ihres Fufses *P* ist schon in Rechnung gebracht, so dafs deshalb keine besondere Zurechnung Statt findet; die Hebelsarme aber sind mit einander im Gleichgewicht, so dafs auch für sie keine weitere Zurechnung nöthig ist. Endlich giebt die Wage unmittelbar den Druck auf einen Quadratzoll der Fläche des Ventils an, weil sich die Hebelsarme wie diese ganze Fläche zu 1 verhalten.

So also erspart die Einrichtung alle Rechnung, und die Wage zeigt unmittelbar die Spannung der Dämpfe auf 1 Quadratzoll. Die Einrichtung erfüllt also die Bedingung, die Grenze der Spannung anzugeben, das heifst: wenn man z. B. diese Grenze auf 50 Pfd. bestimmt hat, so ist man, ohne alle Rechnung, sicher, dafs das Ventil gehoben wird, wenn die Spannung des Dampfes diese Grenze erreicht. In der Regel ist dies auch Alles, was bei dem Gebrauch einer Eisenbahn verlangt wird, wo die Unternehmer, wie billig, wünschen, dafs die Maschine für einen bestimmten Druck regulirt sei.

[Diese von dem Herrn Verfasser vorgeschlagene Einrichtung ist offenbar so einfach, und liegt so nahe, dafs man schwer begreift, warum es anders hat gemacht werden mögen. D. H.]

Für andere Ausmittelungen der verschiedenen Umstände bei der Bewegung der Maschinen mufs aber immer noch die Wirkung des Blasens der Ventile berücksichtigt werden; und dazu wäre immer noch die Quecksilberwage nöthig. Wir wollen indessen jetzt ein Werkzeug vorschlagen,

welches tragbar ist, und die Quecksilberwage, so wie auch die oben beschriebene Einrichtung, erspart.

§. 26.

Ein neuer, tragbarer Manometer, zur Ersparung des Quecksilber-Spannungsmessers.

Wir haben oben bemerkt, daſs, wenn man die Spannung zu wissen verlangt, mit welcher eine Maschine unter gewissen Umständen gearbeitet hat, die Maschine unter die Quecksilberwage gebracht werden muſs, um diejenige Spannung zu erfahren, die mit den verschiedenen Graden der Federwagescale correspondirt, welche während der Wirkung beobachtet wurden.

Dieses ist an sich unbequem; und auſserdem muſs bei der Messung erst Alles wieder in denselben Zustand gebracht werden, worin es sich bei der Wirkung der Maschine befand. Denn zum Beispiel ein auf 32 Pfund, als Hebepunct, fixirtes Ventil, welches unter 36 Pfund Druck bläset, kann einen Druck von 67 Pfund repräsentiren, während das nemliche Ventil, wenn sein Hebepunct 31 Pfund ist, mit dem nemlichen 36sten Grade bloſs einem Drucke von 62 Pfund entsprechen kann. Das zweite Ventil muſs also während der Wirkung der Maschine beobachtet worden sein und auf denselben Punct gestellt werden. Denn wenn es gelüftet würde, so würde es eine gewisse Quantität Dampf entweichen lassen, welche sonst nothwendig hätte durch das erste entströmen müssen, und dann den Druck vergröſsert haben würde. Endlich haben auch die Führer der Dampfwagen ein Interesse daran, die wahre Spannung des Dampfes zu verheelen, aus Furcht, sie ermäſsigen zu müssen. Sie mögen nicht gern die Geschwindigkeit der Bewegung vermindern, um nicht längere Zeit unterwegs zu bleiben. Sie lösen also nicht allein unvermerkt das zweite Ventil, und heben von Zeit zu Zeit den Hebel, um die Wirkung der Schräge des Ventils zu verstärken, mit welcher Wirkung sie sehr wohl bekannt sind, sondern schieben auch zuweilen eine Metalltafel unter den Dorn, der auf das Ventil drückt, um eine Täuschung bei der Angabe der Federwage hervorzubringen.

Die Vorbereitungen, um durch die Quecksilberwage die Spannung des Dampfes zu finden, machen aber diese Untersuchung beschwerlicher, als sie beim ersten Anblick zu sein scheint. Auch ist zu bemerken, daſs der Dampf auf seinem Wege vom Kessel bis zu dem Instrumente sich abkühlt. Er hat auf diesem Wege gewöhnlich eine metallene Röhre von

8 bis 10 Fuſs lang und ½ Zoll im Durchmesser zu durchlaufen, und langt also bei der Quecksilberwage mit einer Spannung an, die offenbar geringer ist, als diejenige im Kessel.

Alle diese Schwierigkeiten kommen daher, daſs die Quecksilberwage nicht an der Maschine befestigt bleiben kann. Wäre das, so könnte man die Spannung der Dämpfe während der Wirkung der Maschine unmittelbar an der Wage ablesen, und es wäre kein späterer Versuch mehr nöthig.

Wir glauben nun, daſs dieses Instrument mit Nutzen durch folgendes andere sich ersetzen läſst.

Die Maschine bekommt die gewöhnlichen zwei Sicherheitsventile. *R* Fig. 19. Taf. IV. ist ein an den Kessel befestigter Hahn, um den Dampf, wenn es nöthig ist, abzulassen. Oben hat die äuſsere Fläche des Hahns ein Schraubengewinde, um das Instrument anschrauben zu können. Über dem Hahn zeigt sich in der Figur das Instrument. Die Röhre *AE* hat unten, auſserhalb, ein Schraubengewinde, wie der Hahn oben, und wird an diesen durch die Schraubenmutter *E*, wie es die Figur zeigt, für die Dauer des Versuchs fest angeschraubt. Hierauf öffnet man den Hahn, um den Dampf in die Röhre *AE* einzulassen.

A ist ein Ventil von 1 Quadratzoll groſs, oder von einer andern Fläche, die man beim Messen der Dampfspannung zur Einheit annehmen will. So wie dieses Ventil durch den Dampf in die Höhe getrieben wird, drückt es auf den Hebel *AC*, dessen anderes Ende *P* durch die Feder einer gewöhnlichen Federwage gehalten wird. Die beiden Arme des Hebels sind gleich lang, und ihr Gewicht, mit Einschluſs desjenigen der Ventilscheibe, ist um den Ruhepunct im Gleichgewicht. In *S* wird das Werkzeug auf den Kessel angeschraubt.

Nachdem das Instrument an den Kessel angesetzt und der Hahn geöffnet worden ist, drückt nun der Dampf von unten gegen das Ventil und den Hebel; und vermöge der beschriebenen Anordnung giebt die Federwage unmittelbar die Spannung auf 1 Quadratzoll an. Denn bei der Wage ist, ihrer Stellung wegen, für das Gewicht der Stange oder des Fuſses nichts zuzusetzen; und auch wegen des Gewichts des Hebels ist keine Correction nöthig, weil er sich im Gleichgewicht befindet. Da aber nun die zwei andern gewöhnlichen Ventile des Kessels den überschüssigen Dampf ausströmen lassen, so darf das Ventil *A* niemals blasen. Die

Schraube kann also so weit angezogen werden, bis die Wage gerade mit der Spannung des Dampfes das Gleichgewicht hält; und kein Blasen des Ventils macht mehr das Resultat zweifelhaft oder unrichtig.

Da vermittelst dieses Werkzeugs der wirkliche Druck des Dampfes sehr bequem gefunden wird, und ohne nachheriges zweites Experiment: da ferner die Resultate genau sind, indem der Dampf keine lange Röhre nach dem Instrumente hin zu durchströmen hat: da das Instrument an dem Kessel befestigt bleiben, auch, wenn man will, von einem zum andern Kessel gebracht werden kann, und da es endlich, im Vergleich gegen die theure Quecksilberwage, sehr wohlfeil ist: so sind wir der Meinung, dafs dieses Manometer von wesentlichem Nutzen sein könne. Wir hätten mit Hülfe desselben alle Schwierigkeiten bei unsern Versuchen vermeiden können. Auch kann es dienen, nicht blofs bei Dampfwagen, sondern auch bei allen andern Dampfmaschinen, von hohem oder niedrigem Druck, die Spannung des Dampfes zu messen.

Die Prüfung des Instrumentes geschieht nur einmal, für immer. Man mifst das Ventil einzeln aus; man sieht zu, ob der Hebel um seinen Ruhepunct im Gleichgewicht ist, hebt die Wage ab, und hängt bestimmte Gewichte an, um zu sehen, wie die Scale stimmt.

[Der Endpunct *A* des Hebels *AC* kann sich nicht nach unten bewegen; denn daran hindert ihn das Ventil. Er soll sich aber auch nicht nach oben bewegen; denn das Ventil soll niemals blasen. Er mufs also stets in derselben Lage bleiben, und folglich mufs, so wie man bemerkt, dafs die Spannung des Dampfes anfängt, das Ventil zu heben, die Schraube *B* angezogen werden; und umgekehrt: wenn die Spannung des Dampfes nachläfst, mufs die Schraube so lange gelöset werden, bis der Dampfd as Ventil in Bewegung zu setzen beginnt. Es ist also hier nicht, wie beim gewöhnlichen Wägen mit der Federwage, die zu messende Kraft, welche den Zeiger an der Scale in Bewegung setzt, sondern die Schraube *B*. Das Instrument zeigt daher nicht von selbst an der Scale die Spannung des Dampfes, sondern man erfährt sie nur durch Handhabung der Schraube *B*. Es wird also zu den Versuchen viel Aufmerksamkeit und auch Übung nöthig sein. Doch leistet in der That das Instrument, was es soll, nemlich: auch den auf das Blasen der Ventile kommenden Theil der Spannung des Dampfes zu messen.

Die Quecksilberwage dürfte übrigens schon wegen des Niederschlages der Dämpfe auf der Oberfläche des Wassers in der Wage, und vollends, wenn die Wage erst durch eine lange Röhre an den Kessel angesetzt werden mufs, immer ein nur wenig zuverlässiges Werkzeug sein. Sie wird also um so mehr mit Vortheil durch das einfache Werkzeug des Herrn v. Pambour ersetzt werden. D. H.]

§. 27

Vergleichende Tafel für die verschiedenen Arten der Angabe der Dampfspannung.

Um den Inhalt des gegenwärtigen Abschnittes zu vervollständigen und dem Leser die Vergleichung der verschiedenen Arten, die Spannung des Dampfes auszudrücken, welche weiter unten benutzt werden müssen, zu erleichtern, fügen wir hier eine Tafel der verschiedenen Ausdrücke der Dampfspannung bei. Wir haben sie von halben zu halben Atmosphären berechnet; die dazwischen fallenden Beträge werden sich aber leicht einschalten lassen.

Spannung des Dampfes im Ganzen.				Überschufs der Dampfspannung über die der Luft; oder wirksame Spannung.			
In Atmosphären.	Höhe der Quecksilbersäule von eben dem Druck, in Zollen	Druck auf den Quadratzoll. Pfunde.	Druck auf den Quadratfufs. Pfunde.	In Atmosphären.	Höhe der Quecksilbersäule von eben dem Druck, in Zollen.	Druck auf den Quadratzoll. Pfunde.	Druck auf den Quadratfufs. Pfunde.
1	29,13	15,086	2172,7	-	- -	- -	- -
1½	43,70	22,578	3258,5	½	14,56	7,543	1086,4
2	58,27	30,174	4345,3	1	29,13	15,086	2172,7
2½	72,83	37,666	5431,1	1½	43,70	22,578	3258,5
3	87,40	45,259	6516,9	2	58,27	30,174	4345,3
3½	101,96	52,751	7603,8	2½	72,83	37,666	5431,1
4	116,54	60,346	8689,6	3	87,40	45,259	6516,9
4½	131,10	67,838	9776,4	3½	101,96	52,751	7603,8
5	145,67	75,431	10862,3	4	116,54	60,346	8689,6
5½	160,23	82,924	11948,1	4½	131,10	67,838	9776,4
6	174,81	90,519	13034,9	5	145,67	75,431	10862,3

Drittes Capitel.

Über die Reibung der Bahnfuhrwerke.

§. 28.

Daſs ferner Versuche über diesen Gegenstand nothwendig sind.

Aus der Beschreibung, welche wir von einem Dampfwagen gegeben haben, sieht man, daſs der Dampf durch seine Wirkung auf die Kolben der Cylinder den Rädern eine drehende Bewegung mittheilt, welche die Maschine forttreibt, in so fern der Wagenzug, der ihr folgt, mit seiner Reibung auf den Schienen nicht einen Widerstand entgegensetzt, der gröſser ist als die Kraft, welche die Maschine besitzt.

Das erste also, auf dessen Schätzung es ankommt, ist der Widerstand, den der Wagenzug auf den Schienen findet.

Der Zug besteht aus einer gröſsern oder kleinern Zahl von Wagen, die, wenn sie Frachtgüter geladen haben, Waggons heiſsen. Der Widerstand, den sie der Maschine entgegensetzen, hängt nicht allein von ihrem Gewicht ab, sondern auch von dem Zustande der Bahn und dem besseren oder unvollkommneren Bau der Wagen selbst. Da der Zweck der Eisenbahn ist, den Fuhrwerken einen festen und glatten Weg darzubieten, auf welchem sie mit Leichtigkeit sich fort bewegen können, so wird, wenn die Bahn nicht in gutem Stande erhalten, oder nicht zweckmäſsig angeordnet ist, der Widerstand der Wagen gröſser sein. Eben so, wenn die Wagen schlecht gebaut sind, oder unvollkommen erhalten werden.

Es folgt also, daſs die Kraft, welche nothwendig ist, eine gewisse Last, zum Beispiel eine Tonne, fortzuziehen, nicht auf allen Eisenbahnen, und auch nicht für jedes Fuhrwerk die nemliche sein kann. Auf recht glatten Schienen, und für gut gebaute und geschmierte Wagen, ist 1 Ctr. Kraft nöthig, um 280 Ctr. fortzuziehen, [nemlich wenn die Bahn *horizontal* liegt; und nicht 280 Ctr. netto, sondern brutto Last, mit Einschluſs des Gewichts der Fuhrwerke, D. H.] das heiſst: wenn 1 Ctr. Gewicht an das eine Ende eines Seils gehängt wird, welches über eine Rolle geht: so vermag das andere Ende des Seils Wagen fortzuziehen, die, mit ihrer Ladung zusammen, 280 Ctr. wiegen. [Bei dem Seil an der Rolle muſs man natürlich die Reibung der Rolle und die Steifigkeit des Seils nicht in

Anschlag bringen. D. H.] Auf einer weniger guten Eisenbahn, und mit unvollkommneren Fuhrwerken, kann 1 Ctr. Kraft vielleicht nur 224 Ctr., und noch weniger fortschaffen.

Die älteren Wagen, mit welchen einige Versuche angestellt worden sind, haben 1 Ctr. Kraft für 224, und selbst für 187 Ctr. Ladung nöthig. Seitdem sind die Wagen sehr vervollkommnet worden; aber es waren noch keine Versuche mit ihnen im Grofsen, und während ihres gewöhnlichen Dienstes, angestellt worden. Als zu Liverpool die neuen Wagen eingeführt wurden, machte man mit einem derselben, der aber so eben erst aus der Hand des Verfertigers kam, einen Versuch. Da der Wagen zu dem Versuche sehr sorgfältig geschmiert worden und noch keinen Stöfsen ausgesetzt gewesen war, durch welche sich die Achsen hätten gebogen, oder die Räder geworfen haben, oder die hinteren Räder aus der Spur der vorderen hätten abgelenkt worden sein können; auch die Schienen vorher besonders sorgfältig gefegt worden waren: so läfst sich das Resultat dieses Versuchs nicht für practisch entscheidend annehmen; und in der That wird auf der Liverpooler Bahn immer noch 1 Ctr. Zugkraft auf 224 Ctr. Gewicht gerechnet. Diese unzuverlässigen Daten durften wir aber für unsere Zwecke nicht annehmen.

Es war daher nothwendig, für die neueren Wagen andere Grundlagen zur Berechnung der Zugkraft zu suchen. Die Gelegenheit zu den Versuchen, von welchen wir Nachricht geben werden, boten sich durch die Untersuchung über die Dampfwagen von selbst dar. Diese Versuche erklären auf gewisse Weise von selbst die Fehler, welche sonst bei der Schätzung des Widerstandes der Wagen Statt gefunden haben. Dieses ist bemerkenswerth, weil daraus eben sowohl auf die Vollkommenheit der Maschinen, als auf die Genauigkeit der jetzt möglichen Schätzung ihrer Kraft geschlossen werden kann. Auch ergiebt sich daraus Ursach zum gröfsern Vertrauen auf die andern Resultate, zu welchen wir auf demselben Wege gelangten. Dieserhalb gedenken wir dieses Umstandes. Bei den Versuchen, die der Verfasser während seines Aufenthaltes in Liverpool, im Jahre 1834, in Menge über die Kraft der Dampfwagen anstellte, schien einer dieser Versuche, mit dem *Atlas,* so wie er weiter unten beschrieben werden wird, eine zu grofse Kraft der Maschine zu ergeben. Der *Atlas* hatte am 23. Juli, auf einem Abhange von 1 auf 1300, 40 Wagen, 3750 Ctr. an Gewicht, fortgezogen. Die Cylinder der Maschine

hatten nur 11 Zoll 8 Linien im Durchmesser. Nach den bisherigen Sätzen über die Bahnen und den Widerstand der Fuhrwerke konnte dieser Erfolg nur dann erklärt werden, wenn man annahm: entweder die Verhältnisse der Maschinentheile, oder der Abhang der Bahn wären unrichtig gemessen, oder die Ladung wäre in den Büchern der Verwaltung unrichtig verzeichnet worden. Indessen gaben auch andere Versuche, die wir mit andern Maschinen, unter andern Umständen und an andern Stellen der Bahn anstellten, ähnliche Resultate, und man mufste nun entweder zugeben, dafs wirklich der Widerstand der Fuhrwerke nicht mehr als 1 auf 280 betrage, oder annehmen, dafs alle Maschinentheile und der Abhang der Bahn *überall* falsch gemessen worden wären.

Es war also nothwendig, durch eine Reihe eigends angestellter Versuche diesen Umstand direct zu erörtern. Es gereichte uns dabei zu grofser Genugthuung, dafs die Resultate der Rechnung durch die Versuche wirklich bestätigt wurden.

§. 29.

Von der Ermittelung der Reibung durch den Dynamometer.

Das nächste Mittel, die Reibung oder den Widerstand der Wagen auf einer Bahn zu messen, schien der *Dynamometer* zu sein, weil derselbe die nothwendige Zugkraft direct angiebt. Da indessen das Ziehen der Menschen oder Thiere ruckweise wirkt, so schwankt der Zeiger des Dynamometers zwischen ziemlich entfernten Grenzen, und vermag kein bestimmtes Resultat zu geben. Es schien indessen, dafs, wenn das Ziehen durch eine *Maschine* geschähe, deren Wirkung gleichförmiger ist, und die Bewegung durch den langen Wagenzug selbst regulirt würde: dafs vielleicht die Schwankungen des Dynamometers dann weniger beträchtlich sein würden; besonders wenn das Instrument an einen der hintersten Wagen angebracht würde, wo die Pulsirungen der Dampfmaschine nur noch geringen Einflufs haben.

Es wurde also, als der *Leeds*, mit einem Zuge von 12 Wagen völlig in Bewegung war, und nachdem die Bewegung eine gleichförmige Geschwindigkeit von 1200 bis 1700 Ruthen in der Stunde erreicht hatte, *während der Bewegung*, die Kette der drei hintersten Wagen losgehakt und an ihre Stelle eine dazu vorbereitete kreisförmige Federwage gebracht. Die Stange der Wage wurde an das Gestell des neunten Wagens befestigt, und die drei folgenden Wagen, welche die letzten des Zuges waren,

an die Feder. Der Versuch fand zwischen den Meilensteinen $1\frac{1}{2}$ und 2 der Liverpooler Strafse, an einer ganz horizontalen Stelle Statt.

Wir erwarteten, den Zeiger der Wage fast still stehen zu sehen; aber was erfolgte war ganz anderes. Sein durchschnittlicher Stand zeigte 100 Pfund; aber er schwankte *sehr* bedeutend, nemlich von 50 bis auf 170 Pfund. Zwei oder dreimal, bei besonderen Stöfsen der Maschine, sprang der Zeiger sogar bis an das Ende der Scale, welches 220 Pfd. anzeigte. Allerdings konnten diese letzten Fälle, da sie nur gelegentlich vorkamen, nicht als die Wirkung eines regelmäfsigen Zuges angesehen werden; um so weniger, da der Zeiger unmittelbar nach dem Stofs immer wieder zu seinem gewöhnlichen Stande, auf 100 Pfd., zurückkehrte, und nun wider von 50 bis zu 170 Pfd. schwankte. Nachdem man aber vergebens auf einen festen Stand des Zeigers gewartet hatte, mufste man sich überzeugen, dafs der Versuch keine sicheren Resultate zu geben geeignet sei.

Das Mittel der Angaben des Zeigers von 50 und 170 Pfd. war 110 Pfd. (Engl.). Die drei Wagen wogen 31964,8 Pfd. (Engl.): also ergab sich durch den Versuch ein Widerstand von $\frac{31964,8}{110}$ oder 1 auf 290,6.

Es ist, mit Rücksicht auf das weiter unten Folgende, noch zu bemerken, dafs bei diesem Versuche der Widerstand der Luft nicht in Betracht kam. Denn da die drei Wagen die letzten im Zuge waren, so widerstand ihnen die Luft nur höchst unbedeutend, seitwärts; und der Widerstand war noch um so geringer, da die Geschwindigkeit nur 1200 bis 1300 Ruthen in der Stunde betrug. Der Widerstand der Luft hatte nur allein auf den vorderen Wagen einigen Einflufs, auf welchen sich aber unser Versuch nicht bezog.

Das Resultat mochte einigen Nutzen haben; aber es waren doch noch zuverlässigere Messungen nothwendig.

Es wurde nun dazu eine schickliche Stelle auf der Liverpooler Bahn ausgesucht, nemlich am Fufse der Rampe von Sutton, $2\frac{1}{2}$ Meile von Liverpool entfernt; der Abhang wurde sehr genau, bis auf $\frac{1}{10}$ Zoll, nivellirt, und es wurde darauf in folgender Art verfahren.

§. 30.

Berechnung der Reibung aus dem Reibungswinkel.

Es werde auf einem Abhange *AB* (Fig. 23. Taf. IV.) ein schwerer Körper sich selbst überlassen. Er gleite ohne Reibung hinab, und ge-

lange unten an einen zweiten Abhang, der die Fortsetzung des ersten ist, und auf welchen er nun weiter fortgleite.

Der Körper wird von der Schwere den Abhang hinabgetrieben. Aber nur ein Theil dieser Kraft wirkt auf den Körper; denn sie zerlegt sich in zwei andere: die eine senkrecht auf den Abhang, welche durch den Widerstand desselben aufgehoben wird: die andere nach der Richtung des Abhanges, welche ihre volle Wirkung auf den Körper äufsert, und die beschleunigende Kraft ist, welche ihn treibt. Wenn also g die Schwere bezeichnet und τ_1 den Winkel, welchen der Abhang mit dem Lothe macht: so ist die auf den Körper wirkende beschleunigende Kraft

$$1. \quad \varphi = g \cos \tau_1.$$

Nun ist der allgemeine Ausdruck einer beschleunigenden Kraft, wenn v die Geschwindigkeit und t die Zeit bezeichnet, $\varphi = \frac{\partial v}{\partial t}$. Also mufs sein:

$$2. \quad g \cos \tau_1 = \frac{\partial v}{\partial t}.$$

Während eines unendlich kleinen Zeittheiles kann jede Bewegung als gleichförmig betrachtet werden [in sofern die Geschwindigkeit derselben entweder unveränderlich oder *nur stetig* veränderlich ist, D. H.]. Bezeichnet man also den durchlaufenen Raum durch x, so ist

$$3. \quad v = \frac{\partial x}{\partial t},$$

und folglich

$$4. \quad \partial t = \frac{\partial x}{v}.$$

[Der Verfasser schreibt statt ∂x, ∂t etc. $\dot{x}$, $\dot{t}$, mit den Newtonschen Fluxionszeichen. D. H.] Die Gleichung (4.) mit der Gleichung (2.) verbunden, giebt

$$5. \quad v \partial v = g \cos \tau_1 . \partial x.$$

Diese Gleichung unter der Voraussetzung integrirt, dafs die Geschwindigkeit am Abgangspuncte 0, d. h. $v = 0$ ist für $x = 0$, giebt $\frac{1}{2} v^2 = g \cos \tau_1 x$, oder

$$6. \quad v^2 = 2 g x \cos \tau_1.$$

Diese Gleichung drückt die Geschwindigkeit des bewegten Körpers in jedem beliebigen Puncte der Bahn aus. Setzt man nun die Länge der Bahn, vom Ausgangspunct A bis zum Puncte B, gleich x_1, und bezeichnet die Geschwindigkeit in B durch V, so ist

$$7. \quad V^2 = 2 g x_1 \cos \tau_1.$$

Mit dieser Geschwindigkeit also langt der Körper am Anfange des zweiten Abhanges an. Machten die beiden Ebenen mit einander einen bestimmten Winkel, so würde von der Geschwindigkeit in B für den Fortgang auf dem zweiten Abhange nur ein Theil übrig bleiben, der von dem Winkel abhängen würde. Man weiſs aber, daſs, wenn der Übergang in einer stetigen Curve Statt findet, *keine* Geschwindigkeit verloren geht, sondern daſs der Körper auf dem zweiten Abhange sich mit derselben Geschwindigkeit fortbewegt, mit welcher er anlangte. Er *beginnt* also, den zweiten Abhang mit der obigen Geschwindigkeit zu durchlaufen.

Der Körper wird aber nun auf der zweiten Ebene auſserdem auch noch von der Schwere fortgetrieben. Die beschleunigende Kraft, welche dieselbe auf der zweiten Ebene hervorbringt, ist, wenn man die Neigung der Ebene gegen das Loth durch τ_2 bezeichnet,

$$8. \quad \varphi_1 = g \cos\tau_2,$$

und wenn man die obige Rechnung für die zweite Ebene wiederholt, so findet sich für diese:

$$9. \quad v^2 = 2gx\cos\tau_2 + C.$$

In dieser Gleichung muſs C aus der Bedingung bestimmt werden, daſs für $x=0$, v gleich der Anfangsgeschwindigkeit in B ist. Und da nun für dieselbe $V^2 = 2gx_1\cos\tau_1$ war (7.), so ist für $x=0$, in (9.),

$$10. \quad v^2 = V^2 = 2gx_1\cos\tau = C.$$

Es ist also, wenn man (10.) in (9.) substituirt, für einen beliebigen Punct der zweiten Ebene:

$$11. \quad v^2 = 2gx\cos\tau_2 + 2gx_1\cos\tau_1.$$

Sind nun ferner z_1 und z_2 die *Höhen* dieser beiden Abhänge, so ist

$$12. \quad x_1\cos\tau_1 = z_1 \quad \text{und} \quad x\cos\tau_2 = z_2.$$

Es giebt daher die Gleichung (11.)

$$13. \quad v_2 = 2g(z_1 + z_2),$$

oder, wenn z die gesammte Höhe, vom Ausgangspunct ab, bezeichnet:

$$14. \quad v_2 = 2gz.$$

Dieses ist also nun der Ausdruck der Geschwindigkeit der Bewegung, in der Voraussetzung, daſs *keine Reibung*, oder sonst irgend ein Widerstand Statt findet. Die Gleichung zeigt, daſs v nur $=0$ werden kann für $z=0$, das heiſst, daſs der Körper, wenn er einmal in Bewegung ist, und nun einen zweiten Abhang in *entgegengesetzter* Richtung ersteigt, nur dann erst wieder zum Stillstand gelangen kann, wenn er eben so hoch hinauf gestiegen ist, als er sich hinunter bewegte.

Bewegt sich ferner ein Körper unter der Wirkung der *Reibung*, so nimmt diese, wie die Erfahrung lehrt, *nicht* zu, sondern wirkt der Schwere, wie eine *unveränderliche,* widerstehende Kraft, die Ebene entlang, entgegen. Findet also Reibung Statt, so ist die beschleunigende Kraft der Schwere nicht mehr $g\cos\tau_1$ und $g\cos\tau_2$, sondern

$$15. \quad g\cos\tau_1 - f \quad \text{und} \quad g\cos\tau_2 - f,$$

wenn man den Widerstand der Reibung durch f bezeichnet. [Dieses ist, strenge genommen, nicht völlig richtig. Denn, wenn man auch annimmt, dafs die Geschwindigkeit die Reibung nicht ändert, so hängt dieselbe doch von dem Drucke der Last senkrecht auf die schiefe Ebene ab; und dieser Druck ist nicht unveränderlich. Wird die Reibung auf horizontaler Ebene durch f bezeichnet, so ist diejenige auf der schiefen Ebene eigentlich $f\sin\tau_1$ und $f\sin\tau_2$, und also hätte (15.) eigentlich heifsen müssen:

$$16. \quad g\cos\tau_1 - f\sin\tau_1 \quad \text{und} \quad g\cos\tau_2 - f\sin\tau_2.$$

Der Unterschied scheint deshalb übergangen zu sein, weil die Winkel τ_1 und τ_2 in dem gegenwärtigen Falle immer einem rechten Winkel *sehr* nahe kommen, und folglich $\sin\tau_1$ und $\sin\tau_2$ *sehr* nahe $=1$ sind. D. H.]

Es ist also nun, vermöge der Gleichung (11.), für einen in dem zweiten Abhange liegenden, von B beliebig, zum Beispiel um x entfernten Punct m:

$$17. \quad v^2 = 2(g\cos\tau_2 - f)x + 2g(\cos\tau_1 - f)x_1.$$

Setzt man hierin wieder

$$18. \quad x_1\cos\tau_1 = z_1, \quad x\cos\tau_2 = z_2 \quad \text{und} \quad z_1 + z_2 = z,$$

so erhält man

$$19. \quad v^2 = 2(gz - f(x + x_1));$$

welche Gleichung die Geschwindigkeit der Bewegung in einem beliebigen Puncte des Abhanges giebt; *mit Rücksicht auf die Reibung.*

Es folgt aus dieser Gleichung, dafs v nicht anders $=0$ sein kann, als wenn entweder z, x_1 und x Null sind, was sich auf den *Anfang* der Bewegung bezieht, oder wenn

$$20. \quad gz - f(x + x_1) = 0$$

ist. Bleibt daher ein in Bewegung gesetzter Körper irgendwo, z. B. in m, stehen, so mufs dieser Punct die Bedingung (20.) erfüllen, und es mufs folglich für denselben

$$21. \quad gz = f(x + x_1)$$

sein. Multiplicirt man die beiden Glieder der Gleichung mit M, der Masse

des Körpers: so findet sich

$$22. \quad gMz = fM(x + x_1).$$

Da g die beschleunigende Kraft der Schwere bezeichnet, so drückt gM das *Gewicht* des Körpers aus, welches P sein mag. Eben so drückt fM die gesammte Reibung des Körpers aus, weil f die Kraft der Reibung für einen einzelnen Theil des Körpers ist. Bezeichnet man also die gesammte Reibung durch F, so giebt die Gleichung (22.)

$$23. \quad Pz = F(x + x_1).$$

Hat sich also nun der Körper aus der Ruhe in Bewegung gesetzt, und ist, auf den Abhängen, in m wieder still gestanden, so muſs dieser Punct nothwendig die obige Bedingung erfüllen. Messen wir daher zur Stelle z, x und x_1 aus, und kennen das Gewicht P, so giebt die Gleichung (23.) die Reibung F, nemlich

$$24. \quad F = P \cdot \frac{z}{x + x_1}.$$

Dieser Ausdruck zeigt an, daſs, *wenn ein Körper, dessen Gewicht* P *ist, einen Abhang, von der Ruhe an, sich hinunter bewegt, und in einem gewissen Puncte* m *wieder stehen bleibt, die Reibung, welche ihn zum Stillstand brachte, gefunden wird, wenn man die Höhe, welche er herabstieg, durch die durchlaufene Länge dividirt.* [Unter Reibung wird hier nemlich der Reibungs-Coefficient oder das Verhältniſs der Reibung zum Gewichte verstanden. D. H.]

Es folgt nun daraus, daſs der Körper, auf eine schiefe Ebene gesetzt, deren Höhe z und deren Länge $x + x_1$ ist, gar nicht sich bewegen würde: denn der Schwere, welche ihn vorwärts treibt, würde gänzlich durch die Reibung widerstanden werden.

Der Quotient $\frac{z}{x + x_1}$ drückt das aus, was man den *Reibungswinkel* nennt. Deshalb haben wir in der Überschrift dieses Paragraphs von dem *Reibungswinkel* gesprochen, von welchem wir denn auch bei den folgenden Versuchen ausgegangen sind.

[Die obige Erinnerung, daſs statt f, strenge genommen, $f \sin \tau_1$ und $f \sin \tau_2$ hätte gesetzt werden müssen, hat auf das Resultat weiter keinen Einfluſs, als daſs man in (24.) unter $x + x_1$ nicht die Länge *der schiefen Ebenen selbst*, sondern die Länge *ihrer horizontalen Projectionen* verstehen muſs, was, da der Abhang hier sehr gering ist, fast gar keinen Unterschied macht.

Der Herr Verfasser ist sichtlich bemüht gewesen, durch einen ausführlichen Vortrag die Entwickelung seines Resultats Jedem recht deutlich und faſslich zu machen. Da indessen doch schon das Differentiiren und Integriren zu Hülfe genommen wird, was weniger allgemein gekannt ist, und sogar vom Unendlich-Kleinen gesprochen wird, was eigentlich nicht erfaſsbar oder begreifbar ist; auch allenfalls noch der *Beweis* verlangt werden könnte, daſs, wie es im Laufe des Vortrages gesagt wird, die Kraft und die Geschwindigkeit wegen der Änderung der Richtung der Tangenten der Krümmung des Abhanges sich wirklich nicht ändern: so könnte vielleicht die überzeugende Kraft der Entwickelung nicht ganz erreicht sein. Will man die Rechnung mit veränderlichen Gröſsen (Differential- und Integralrechnung ohne Unendlichkleines) zu Hülfe nehmen, so läſst sich zu dem Resultate auch noch etwas kürzer und allgemeiner, wie folgt gelangen.

Es sei AQm (Fig. 23 ‡. Taf. IV.) der gekrümmte Abhang der Bahn; AP sei horizontal, PQ senkrecht und $AP = x$, $PQ = y$; die Länge der Krümmung AQ sei $= s$. Ferner sei BQD die Tangente der Krümmung der Bahn in Q, QC auf BD und PC auf QC senkrecht. Die nach der Richtung PQ wirkende beschleunigende Kraft der Schwere werde durch 1, die Reibung durch Φ bezeichnet. Nun verhält sich, nach dem Satze des Parallelogramms der Kräfte, die aus der Schwere in der Richtung der Tangente BD entstehende Kraft, welche ganz und allein den Körper forttreibt, und welche q heiſsen mag, zur Schwere selbst, wie PC zu PQ. Andrerseits verhält sich, wenn ∂y und ∂s die ersten Abgeleiteten von y und s bezeichnen, PC zu PQ wie ∂y zu ∂s; was sich ohne Unendlich-Kleines beweisen läſst. (Man sehe des Herausgebers kleine Schrift „Über die Anwendung der Rechnung mit veränderlichen Gröſsen auf Geometrie und Mechanik. Berlin, 1816, bei Maurer.") Also ist $\frac{q}{1} = \frac{\partial y}{\partial s}$, oder

$$25. \quad q = \frac{\partial y}{\partial s}.$$

Die durch ∂ bezeichneten Ableitungen können sich hier, und durchweg, auf die unabhängig veränderliche Zeit t beziehen.

Die Reibung entsteht aus dem *Gewichte* des Körpers, und also aus dem Drucke desselben auf die Bahn nach der Richtung PQ. Es kommt aber derjenige Theil dieses nach QC und PC zerlegten Drucks, welcher nach der Richtung der Tangente wirkt, als Ursach der Reibung nicht in Betracht, sondern nur der Theil, welcher nach QC wirkt. Dieser ver-

hält sich zu der gesammten Schwere, wie QC zu PQ; und da sich nun, wie sich wiederum beweisen läſst, QC zu PQ zugleich wie ∂x zu ∂s verhält, so ist, wenn die aus der Reibung φ entstehende, nach der Richtung der Tangente wirkende Kraft durch f bezeichnet wird, $\frac{f}{\varphi} = \frac{\partial x}{\partial s}$; also

$$26. \quad f = \varphi \frac{\partial x}{\partial s}.$$

Die gesammte den Körper forttreibende Kraft, welche p heiſsen mag, ist also aus (25.) und (26.):

$$27. \quad p = \frac{\partial y}{\partial s} - \varphi \frac{\partial x}{\partial s}.$$

Wird nun ferner die Geschwindigkeit, welche die Schwere in einer Secunde hervorbringt, durch $2g$ bezeichnet, so läſst sich, wiederum ohne Unendlich-Kleines, beweisen (man sehe die oben citirte Schrift), daſs sich die erste Abgeleitete ∂v der Geschwindigkeit v, welche irgend eine veränderliche Kraft p, gleichfalls in 1 Secunde, hervorbingt, zu $2g$ verhält, wie die Kraft p zur Schwere 1. Also ist $\frac{\partial v}{2g} = \frac{p}{1}$ und folglich

$$28. \quad \partial v = 2gp.$$

Setzt man hierin aus (27.) den Werth von p, so findet sich

$$29. \quad \partial v = \frac{2g}{\partial s} (\partial y - \varphi \partial x).$$

Es wird ferner in der gedachten Schrift (S. 68) bewiesen, daſs die erste Abgeleitete des mit einer beliebigen veränderlichen Geschwindigkeit v durchlaufenen Raumes der Geschwindigkeit selbst gleich zu setzen ist. Der durchlaufene Raum ist hier die Länge s der gekrümmten Bahn. Also ist

$$30. \quad \partial s = v.$$

Setzt man (30.) in (29.), so erhält man $\partial v = \frac{2g}{v} (\partial y - \varphi \partial x)$ oder

$$31. \quad v \partial v = 2g (\partial y - \varphi \partial x).$$

Daraus folgt, wenn man integrirt, oder die Stammgröſse nimmt,

$$32. \quad \tfrac{1}{2} v^2 = 2g \left(y - \overset{t}{\partial} (\varphi \partial x)\right) + \text{Const.}$$

(Es bedeutet $\overset{t}{\partial}(\varphi \partial x)$ die Stammgröſse oder das Integral von $\varphi \partial x$ *nach t*. Man schreibt gewöhnlich $\int(\varphi \partial x)$, was aber eine *unvollständige* Bezeichnung ist, weil es darauf ankommt, nach *welcher* veränderlichen Gröſse ein Integral genommen werden soll: ganz eben so, wie es bei einem Differential darauf ankommt, nach welcher Veränderlichen das Differential zu nehmen ist. Hier ist die veränderliche Gröſse, nach welcher zu in-

tegriren ist, die Zeit t, auf welche sich, wie oben bemerkt, auch überall ∂ bezieht.) Ist nun die Reibung φ *unveränderlich*, so ist $\frac{t}{\partial}(\varphi\partial x) = \varphi x$, und die Gleichung (32.) giebt

$$33. \quad \tfrac{1}{2}v^2 = 2g(y - \varphi x) + \text{Const.}$$

Da vorausgesetzt wird, dafs die Bewegung in dem Punct A, für welchen $x = 0$ und $y = 0$ ist, von der Ruhe anfange, und also für $x = 0$ und $y = 0$ auch $v = 0$ ist, so ist, wie aus (33.) folgt, Const. $= 0$, und mithin vollständig:

$$34. \quad \tfrac{1}{2}v^2 = 2g(y - \varphi x).$$

Dieses giebt nun für den *zweiten* Punct m, in welchem *wiederum* $v = 0$ ist, oder bis zu welchem der Wagen läuft, ehe er still steht,

$$0 = 2g(y - \varphi x),$$

und daraus folgt

$$35. \quad \varphi = \frac{y}{x} = \frac{mp}{Ap};$$

das heifst: die Reibung φ verhält sich zur Schwere 1, wie mp zu Ap, oder wie die *Höhe,* von welcher der Wagen herabgerannt ist, zu der horizontalen Projection der durchlaufenen Bahn; wie es auch im Text (mit Rücksichtnahme auf die dabei gemachte Erinnerung) gefunden wurde.

Das Verfahren, welches der Herr Verfasser, um die Reibung zu messen, statt des Gebrauchs des Dynamometers vorschlägt, und dessen er sich bei seinen Versuchen bedient hat, ist unstreitig ungemein sinnreich. Es ist zwar freilich hier wieder ein Fall, wo eine Rechnung, die von abstracten Principien ausgeht, mifslich ist, weil noch Voraussetzungen eingeschoben werden, die nicht Statt finden. Dies geschieht auch hier in der That: denn es wird namentlich vorausgesetzt, dafs die Reibung φ *unveränderlich* sei. Dieses ist aber hier, wo unter der Reibung φ eigentlich die gesammte, von der Unebenheit der Schienen und der wirklichen Reibung der Radachsen in den Buchsen herrührende, der Bewegung widerstehende Kraft verstanden werden mufs, ganz gewifs, und *bei weitem* nicht der Fall. Eben der im vorigen Paragraph beschriebene Versuch mit dem Dynamometer beweiset es augenfällig: er zeigt an, dafs die sogenannte Reibung, *weit entfernt,* constant zu zu sein, vielmehr von dem *Einfachen* bis auf mehr als das *Vierfache,* und unaufhörlich wechselt. Es findet also die Herleitung der Gleichung (33.) aus der (32.) eigentlich durchaus nicht Statt; denn, wenn φ *nicht* constant ist, so ist das Integral von $\varphi\partial x$ nach t auch *nicht* φx. Allein gleichwohl kann das Resultat (33.), und was daraus weiter folgt, in gewissem Sinne dennoch vollkommen bestehen. Denn es ist strenge wahr, dafs, wenn φ wirklich

veränderlich *wäre*, nothwendig $\varphi = \frac{y}{x}$ sein müfste. Umgekehrt folgt, dafs, wenn der Wagen im Puncte *m* stehen bleibt, die *Wirkung*, welche der *wirkliche, veränderliche* Widerstand hervorgebracht hat, die nemliche ist, welche ein *unveränderlicher* Widerstand $\varphi = \frac{y}{x}$ hervorgebracht haben *würde*. Aber gerade diesen *unveränderlichen Widerstand* verlangt man auch nur zu wissen. Es kommt gar nicht auf den *wirklichen* Widerstand und seine stetigen Veränderungen an, sondern nur auf den *durchschnittlichen*, als unveränderlich zu *betrachtenden* Widerstand, der die nemliche *Wirkung* hervorbringt, wie der veränderliche; und dieser ist wirklich $\varphi = \frac{y}{x}$. Das Verfahren des Herrn Verfassers ist also ein sinnreiches Mittel, den *Durchschnitt* der Widerstände, welche der Dynamometer angiebt, und welchen aus dessen Angaben direct zu ermitteln schwer, wenn nicht unmöglich sein würde, zu finden. Man darf indessen gleichwohl aus der Rechnung und den Versuchen, welche sie zu Hülfe nehmen, nichts weiter schliefsen, als dafs gerade auf *demjenigen* Bahnstück, auf welchem die Versuche angestellt wurden, und unter allen den besonderen Umständen, die dabei Statt fanden, die Reibung, oder vielmehr der durchschnittliche Widerstand, $\varphi = \frac{y}{x}$ war. Auf einem *anderen* Bahnstück, mit stärkerem oder schwächerem Abhange, oder bei gröfserer oder geringerer Geschwindigkeit, kann er möglicherweise in bedeutend anderem Verhältnifs zur Schwere stehen, als auf dem vorigen Bahnstück. Es darf z. B. namentlich nicht geschlossen werden, dafs der Widerstand auf *horizontaler* Bahn das nemliche Verhältnifs zur Schwere haben werde, als auf der geneigten Bahn, auf welcher experimentirt worden ist. Auf eine horizontale Bahn ist die Rechnung nicht anwendbar und auf einer solchen der Versuch nicht ausführbar. D. H.]

§. 31.

Versuche über die Reibung der Wagen.

Es wurden also nun eine Reihe von Versuchen nach den obigen Grundsätzen auf einem der Abhänge der Liverpooler Eisenbahn angestellt.

Von einem, 1603 F. von dem Fufse der Rampe bei Sutton entfernten Puncte wurden 34 gleiche Strecken, jede 320,48 F. (10 Ketten zu 33 F. Englisch) lang, abgemessen. Am Ende jeder Strecke wurde ein numerirter Pfahl eingeschlagen und der Abhang sehr genau nivellirt. Die Abhänge waren auf die verschiedenen Distanzen folgende.

Nummer des Pfahls.	Entfernung vom Nullpuncte.	Tiefe unter dem Nullpuncte.
Ausgangspunct.		
	Fuſs Engl.	Fuſs Engl.
0	0	0
1	330	3,47
2	660	7,07
3	990	10,62
4	1320	14,36
5	1650	18,17
6	1980	21,77
7	2310	25,53
8	2640	28,98
9	2970	32,07
10	3300	34,61
Fuſs der Rampe, oder vielmehr Mittel der stetigen Curve.		
11	3630	35,06
12	3960	35,19
13	4290	35,23
14	4620	35,37
15	4950	35,71
16	5280	36,17
17	5610	36,44
18	5940	36,66
19	6270	36,80
20	6600	36,92
21	6930	37,06
22	7260	37,14
23	7590	37,22
24	7920	37,37
25	8250	37,34
26	8580	37,63
27	8910	37,92
28	9240	38,14
29	9570	38,35
30	9900	38,54
31	10230	38,67
32	10560	38,77
33	10890	38,92
34	11220	39,08

Ein wenig jenseits des Fuſses der Rampe hatten die Wagen drei Querwege, und bei jedem drei Radlenker (*switches*), wie sie Fig. 24. zeigt, zu passiren: in allem also 9 Radlenker, an der einen oder der andern Seite der Schienen. Bei jedem Radlenker bekamen die Wagen, wegen der kleinen Unebenheit der Schienen, einen Stoſs, und ihre Geschwindigkeit wurde etwas gehemmt. Die Stelle zu den Versuchen war also für die Resultate derselben unvortheilhaft, und der Widerstand daher gröſser als auf ganz freiem Wege.

Die zu den Versuchen benutzten Wagen waren auf folgende Weise eingerichtet. Sie hatten eine einfache Plateform, auf Federn ruhend. Die Räder hatten 2 F. 10 Z. 11½ L. (3 F. Engl.) im Durchmesser und waren (wie bei allen Eisenbahnfuhrwerken) an den Achsen befestigt, welche sich mit ihnen zugleich drehten. Der Körper des Fuhrwerks ruhte auf den Achsen, aber auſserhalb der Räder; das heiſst: die Achsen waren über die Naben hinaus verlängert, und die Verlängerungen trugen das Wagengestell. An den Tragepuncten hatten die Achsen 1 Z. 8,4 L. im Durchmesser. Die Zapfenlager waren von Messing (*brass*). In ihrem oberen Theil enthielten sie den Schmier, welcher stetig, durch eine Höhlung in den Zapfenlagern, auf die Achse hinabfloſs. Die Höhlung hatte unterhalb des Zapfenlagers einen Deckel. Die Schmierbüchse wird in der Regel jeden

Morgen gefüllt und enthält den Vorrath auf den ganzen Tag. Bei den Versuchen wurde an den sonst gewöhnlichen Anordnungen nichts geändert. Alles wurde so gelassen, wie es im täglichen Dienst ist, sowohl was die Wagen, als was die Schienen betrifft. Unter den Wagen befanden sich einige, deren Achsen-Enden, statt eine gleichförmige Dicke von 1 Z. 8,4 L. zu haben, vielmehr nach dem Wagengestelle zu um 4,4 L. dicker und gegen das Ende hin um eben so viel dünner waren. Dieser Theil der Achse war aus drei Cylindern von gleicher Länge zusammengesetzt, deren Durchmesser 2 Z. 0,8 L., 1 Z. 8,4 L. und 1 Z. 4 L. betrugen. Diese Einrichtung der Achsen hatte man in der Absicht gemacht, um ihre Durchmesser zu vermindern, und ihnen gleichwohl an den Puncten, die am meisten zu tragen haben, wieder eine gröfsere Stärke zu geben. Es waren indessen nur wenige Achsen so gemacht, und nur zum Versuche. Es haben sich von der Anordnung in der Praxis keine Vortheile ergeben. [Die bedeutende Verbesserung, welche Herr Stephenson an den Bahnfuhrwerken angebracht hat, besteht insbesondere darin, dafs die Auflagepuncte für die Last, wie hier oben beschrieben, jetzt aufserhalb der Räder, auf Verlängerungen der Achsen sich befinden, statt dafs sie sonst, bei den älteren Bahnwagen, wie bei gewöhnlichen Fuhrwerken, zwischen den Rädern lagen. Man erreicht dadurch den bedeutenden Vortheil, dafs die Achsen, an den Stellen, wo sie sich in den Lagern drehen, jetzt, wie leicht zu sehen, dünner sein können, und dafs jetzt folglich weniger Kraft zur Überwindung der Reibung nöthig ist. Die Verbesserung liegt so nahe, dafs sich nur mit Hülfe der alten Erfahrung, dafs man nur zu oft auf das, was nahe liegt und einfach ist, erst spät kommt, begreifen läfst, warum man nicht sogleich den ersten Bahnwagen, der gebaut wurde, nach der neuen Art gemacht habe. D. H.]

I. Am 29. Juli 1834 wurden 5 nach Zufall gewählte Wagen, mit Ziegeln beladen, durch den *Sun*, an den Ort der anzustellenden Versuche gebracht. Dem Zuge der 5 beladenen Wagen folgte noch ein leerer Wagen. Das Gewicht der ersten 5 Wagen betrug mit der Ladung 604,12 Ctr. (30,65 Tonnen Engl.), und nebst 10 Personen, welche mitfuhren, 617,13 Ctr. (31,31 Tonnen), oder 123,42 Ctr. (6,26 Tonnen) auf den Wagen.

Nachdem die Mitte des Wagenzuges genau an den Abfahrtspunct gebracht und der Dampfwagen fortgeschafft worden war, wurden auf ein gegebenes Zeichen alle Bremsen gelöset und die 5 Wagen auf der Bahn

der Wirkung ihres Gewichts überlassen. Sie rannten bis 33 F. Engl. hinter den Pfahl No. 30., und hatten also im Ganzen 9933 F. Engl. Bahn durchlaufen, während sie von dem Abfahrts- bis zum Stillstandspunct 38,55 F. Engl. hinuntergestiegen waren.

Wendet man nun hierauf die obige Formel an, so ist $x + x_1 = 9933$, $z = 38,55$ und folglich die Reibung $\frac{38,55}{9933}$ oder

1 auf 258.

Hierin ist indessen noch der Widerstand der Luft begriffen; auch wurde der Lauf der Wagen durch die oben gedachten 9 Radlenker am Fuſse der Rampe gehemmt.

II. Nach diesem ersten Versuche wurden 300 Ziegel aus jedem Wagen herausgenommen. (Es wogen 100 dieser Ziegel 855 Pfd. Engl. (827,6 Pfd. Pr.); also wurde jeder Wagen dadurch um 2565 Pfd. oder 1,145 Tonnen leichter. Das Gewicht der 5 beladenen Wagen, nebst demjenigen der 10 Personen, betrug jetzt 25,58 Tonnen oder 5,12 Tonnen (100,92 Ctr. Pr.) für jeden Wagen.

Die Wagen wurden wieder nach dem Abfahrtspuncte gebracht und der Wirkung der Schwere überlassen. Sie rannten bis 84 F. Engl. jenseits No. 28., also 9324 F. Engl. weit, von einem 38,19 F. Engl. hohen Abhange herunter. Durch diesen zweiten Versuch ergab sich die Reibung

1 auf 244;

also stärker als bei dem ersten Versuche.

III., IV., V., VI. Die Wagen wurden zum dritten Male nach dem Abfahrtspuncte gebracht, und es wurde jeder einzeln, einer nach dem andern, der Schwere überlassen. Eben so auch der leere Wagen. Es ergab sich Folgendes:

	Nummer des Wagens.	Gewicht desselben, nebst Ladung. Tonnen Engl.	Durchlaufene Bahn. Fuſs Engl.	Höhe der durchlaufenen Bahn. Fuſs Engl.	Reibung.
Bei III.	294.	4,65	7326	37,16	1 auf 197.
- IV.	100.	5,15	6663	36,95	1 auf 180.
- V.	196.	5,20	7455	37,19	1 auf 200.
	111.	5,00	Die Fahrt wurde aus Versehen gehemmt.		
	150.	4,85	Desgleichen.		
- VI.	202.	1,85	6204	36,78	1 auf 169.

An dem Wagen No. 100. war am Ende seines Laufes die eine Achsenbuchse sehr heiſs; was erklärt, warum er, obgleich eben so schwer

beladen als die anderen, weniger weit gelangte. Der leere Wagen war sehr niedrig. Er hatte eine Plateform, bloſs von einem offenen Geländer umgeben.

Diesen Versuchen gemäſs hatten die Wagen, einzeln laufend, eine Reibung von etwa 1 auf 196, während sie, zusammengekuppelt, nur einen Widerstand von 1 auf 244 erfuhren. Dieser Unterschied rührt offenbar von dem Widerstande der Luft her, der nur den vordersten Wagen trifft. Läuft nur ein Wagen, so muſs er allein den Widerstand der Luft überwinden, der für mehrere der nemliche bleibt und sich also auf die einzelnen Wagen vertheilt. Ähnliches zeigt sich aus Vergleichung des ersten Versuches mit dem zweiten. Die Zahl der Wagen war zwar in beiden Fällen dieselbe; aber der erste Wagenzug war schwerer; und folglich vertheilte sich der Widerstand auf ein gröſseres Gewicht. [Der Widerstand der Luft ändert allerdings das Resultat, wenn ein einzelner Wagen ihn zu überwinden hat, und wenn er auf mehrere, oder auf ein gröſseres Gewicht sich vertheilt. Aber es giebt wohl noch eine stärker wirkende Ursach der Erscheinung, daſs zusammengekuppelte, oder schwerere Wagen weiter als einzelne und leichtere rennen, ehe sie still stehen. Diese Ursach ist, daſs die Hindernisse auf der Bahn auf leichte und einzelne Wagen stärker wirken, als auf zusammengekuppelte und schwerere, weil ein Wagen dem andern forthilft. Man sehe die Bemerkung des Herrn Minard hierüber, (9. Bd. dieses Journals S. 135). D. H.]

Es schien daher, um unsere Untersuchungen zu vervollständigen, nothwendig, noch andere Versuche mit Wagenzügen von verschiedenem Gewichte, und unter verschiedenen Umständen anzustellen. Bei den folgenden Versuchen waren die Wagen nicht mehr mit Ziegeln, sondern mit allerhand Frachtgütern, wie der gewöhnliche Verkehr sie liefert, beladen.

VII. Am folgenden Tage, den 30. Juli, wurde ein Zug von 19 beladenen Wagen durch den *Mars* an den Abfahrtspunct gebracht. Die 19 Wagen wogen zusammen 92 Tonnen Engl., also jeder im Durchschnitte 4,84 T. Engl. Der Zug wurde auf der Bahn so gestellt, daſs seine Mitte, oder sein Schwerpunct, gerade in dem Nullpuncte der Länge sich befand; darauf wurde das Ganze, wie bei den vorigen Versuchen, der Wirkung der Schwere überlassen. Die Wagen liefen bis 168 F. Engl. jenseit No. 32. Die durchlaufene Bahnlänge war also 10728 F. Engl. und der Unterschied der Höhe zwischen den Anfangs- und Endpuncten derselben 38,85 F. Engl., welches eine Reibung ergiebt von

1 auf 276.

VIII. Am nemlichen Tage wurde derselbe Versuch mit dem Munitionswagen des *Jupiter* angestellt. Derselbe rannte bis 27 F. Engl. jenseit No. 18. Die Reibung betrug also, mit Einschlufs des Widerstandes der Luft,

1 auf 163.

Dieser Munitionswagen ist nichts anders als ein gewöhnlicher Waggon, von einer besonderen Form, welche der Luft eine besonders grofse Fläche entgegensetzt, so dafs der Widerstand derselben bedeutend wirkt, besonders wenn der Wagen nicht stark beladen ist. Der Munitionswagen war bei den Versuchen in der That beinahe leer; denn er enthielt blofs so viel Kohlen und Wasser als nöthig war, um die bei dem Versuche gegenwärtigen Personen nach Liverpool zurück zu bringen.

Dieser Versuch, so wie die des vorigen Tages, wurden gemeinschaftlich mit Herrn Earle, einem der Directoren der Eisenbahn, Herrn J. Loke, dem Ingenieur der grofsen Verbindungs-Eisenbahn, Herrn King, von der Liverpooler Gas-Fabrik, und andern mehr oder weniger mit der Verwaltung der Liverpooler Bahn in Verbindung stehenden Personen angestellt.

IX. Am 31. Juli liefs man den Munitionswagen des *Atlas*, $5\frac{1}{2}$ Tonnen Engl. wiegend, 84 F. Engl. hinter No. 1. abfahren. Er blieb 90 F. Engl. hinter No. 23. stehen, und hatte also 7266 F. Bahn durchlaufen, mit 32,88 F. Engl. Abhang; was eine Reibung giebt von

1 auf 221.

X. Am selben Tage liefs man den von dem *Atlas* gezogenen Zug von 14 Wagen, zusammen 61,35 Tonnen Engl. wiegend, von 24 F. über No. 1. abfahren. Da gerade nicht Arbeiter genug zugegen waren, konnte der Wagenzug nicht anders gestellt werden. Er rann bis 15 F. Engl. diesseit No. 28., also durch 9579 F. Engl. Bahn, mit 35,32 F. Abhang, welches eine Reibung giebt von

1 auf 271.

XI. Am 1. August wurde ein Zug von 10 Wagen durch die *Vesta* an den Versuchsplatz gebracht. Die 10 Wagen wogen zusammen 43,72 T. Engl. Man liefs den Munitionswagen dabei, und die 11 Wagen wogen zusammen 48,72 T. Engl., also im Durchschnitt jeder 4,43 T. Engl. Der Wagenzug rann, von der Schwerkraft getrieben, bis 108 F. Engl. jenseit No. 30., also 10 008 F. Engl. weit, von einem Abhange von 38,58 F. Engl. herab, was eine Reibung giebt von

1 auf 259.

XII. Am nemlichen Tage wurden durch den *Atlas* 24 Wagen, zusammen 104,5 T. Engl. an Gewicht und, mit dem angehängt gebliebenen Munitionswagen, die 25 Wagen zusammen 110 T. Engl., jeder also 4,4 T. Engl. wiegend, nach der nemlichen Stelle gebracht. Sie rannten bis 108 F. Engl. jenseits No. 32., also durch 10668 F. Bahn, mit 38,82 F. Abhang, was eine Reibung anzeigt von

1 auf 275.

Endlich wurden noch vollständige Wagenzüge, nemlich Dampfwagen, Munitionswagen und Lastwagen nach der Versuchsstelle gebracht. Sie gaben folgende Resultate.

XIII. Am 2. August wurde der Versuch mit der *Fury*, ihrem Munitionswagen und 17 Lastwagen gemacht. Es wog der Dampfwagen 8,2, der Munitionswagen 5,5 und die 17 Lastwagen 81,26, der gesammte Zug also 94,96 T. Engl. Der Dampfwagen und sein Munitionswagen wurden, rücksichtlich des Schwerpunctes, ihres gröſseren Gewichts wegen, zusammen für 3 Lastwagen, der ganze Zug also für 20 Lastwagen gerechnet. Der Zug wurde also so gestellt, daſs der Nullpunct der Bahn zwischen den 7. und 8. Lastwagen fiel. Der Zug rann bis 42 F. Engl. jenseits No. 34.; also 11262 F. Engl. weit, und 39,1 F. Abhang hinab, was eine Reibung giebt von

1 auf 288.

Der Widerstand für den ganzen Zug betrug hiernach 733 Pfd. Engl. Der Dampfwagen allein, als man ihn, vor dem Versuche, allein hatte rennen lassen, hatte, wie man unten sehen wird, 113 Pfd. Engl. Widerstand gefunden. Es kamen also auf die Lastwagen und den Munitionswagen 620 Pfd. Engl. Widerstand, was eine Reibung anzeigt von

1 auf 311.

[Dieser letzte Schluſs dürfte wohl nicht füglich Statt finden. Der Widerstand ist verschieden, für den nemlichen Wagen, wenn er allein und wenn er mit andern verbunden läuft; eben wieder aus dem Grunde, weil ein Wagen dem andern forthilft. D. H.]

XIV. Am 2. August wurde der *Vulcan*, 8,54 T. Engl. schwer, mit 20 Wagen, zusammen 96,3 T. Engl. an Gewicht, und dem Munitionswagen, von 5,5 T. Engl., zusammen also der Zug 110,14 T. an Gewicht, nach dem Versuchsplatze gebracht. Da man die Maschine nicht genau an der rechten Stelle hatte anhalten können, so konnte der Zug nur von 18 F. jenseits des Nullpunctes abfahren. Die Maschine, mit dem Munitions-

wagen, wurde, rücksichtlich des Mittelpunctes des Zuges, für 3 Wagen gerechnet. Der Zug rannte bis 39 F. Engl. jenseits No. 33.; also 10911 F. Engl. weit und 38,75 F. Engl. hinab. Diese Länge wurde in 12 Minuten und 10 Secunden durchlaufen. [Zu wünschen wäre, dafs man bei allen Versuchen auch die Zeit hätte notiren können. D. H.] Dieses giebt einen Widerstand von

1 auf 282.

Der gesammte Widerstand war hiernach 863 Pfd. Engl. Zieht man davon, für den Dampfwagen allein, 127 Pfd. Engl. Widerstand ab, der sich bei einem folgenden Versuche ergab, so bleiben für 100,16 T. Engl. Gewicht der Lastwagen und des Munitionswagens, 736 Pfd. Engl., welches eine Reibung giebt von

1 auf 305.

XV. Zum Schlusse wurde am 15. August ein Versuch mit dem *Leeds*, von 7,07 T. Engl. schwer, nebst seinem Munitionswagen und einem Zuge von 7 Wagen, zusammen 33,52 T. Engl. schwer, gemacht. Der Zug rann genau von No. 0. bis 255 F. Engl. hinter No. 24., also 8175 F. Engl. weit und 37,35 F. Engl. hoch hinab, was eine Reibung giebt von

1 auf 219.

Der gesammte Zug hatte also 415 Pfd. Engl. Widerstand gefunden, und für den Dampfwagen allein ergab sich weiter 112 Pfd. Widerstand. Auf die übrigen Wagen kommen also 303 Pfd., was eine Reibung giebt von

1 auf 248.

§. 32.

Zusammenstellung der Resultate der vorhin beschriebenen Versuche.

No. des Versuchs.	Tag.	Der Zug bestand aus	Gewicht des Zuges.	Gewicht eines Wagens im Durchschnitt.	Zeitdauer des Rennens.	Länge der durchlaufenen Bahn.	Abhang.	Reibung.	Thut auf den Ctr.
	1834.		Ctr. Pr.	Ctr. Pr.	Min. Sec.	Fufs Pr.	F. Pr.		Loth Pr.
VI.	29. Juli.	1 leerer Wagen.'		36,46	— —	6024,98	35,72	1 auf 169	20,87
VIII.	30. Juli.	1 Munitionswagen.		88,70	— —	5790,82	35,60	1 - 163	21,62
III.	29. Juli.	1 beladener Wagen.		91,65	— —	7114,61	36,09	1 - 197	17,85
IX.	29. Juli.	1 beladener Wagen.		100,51	— —	6470,74	35,88	1 - 180	19,52
V.	29. Juli.	1 beladener Wagen.		102,49	— —	7239,89	36,12	1 - 200	17,55
IX.	31. Juli.	1 Munitionswagen.		108,41	— —	7056,34	31,93	1 - 221	15,92
II.	29. Juli.	5 beladene Wagen.	504,19	100,92	10 20	9054,95	37,09	1 - 244	14,41
I.	29. Juli.	5 beladene Wagen.	617,13	123,39	10 —	9646,38	37,44	1 - 258	13,65
XI.	1. August.	10 beladene u. 1 Mun.-Wagen.	960,29	87,32	11 45	9719,22	37,46	1 - 259	13,58
X.	31. Juli.	14 beladene Wagen.	1215,14	86,72	— —	9302,60	34,30	1 - 271	12,98
VII.	30. Juli.	19 beladene Wagen.	1813,35	95,40	11 —	10418,43	37,73	1 - 276	12,74
XII.	1. August.	24 beladene u. 1 Mun.-Wagen.	2168,14	86,72	— —	10360,18	37,69	1 - 275	12,81
XV.	15. August.	7 beladene, 1 Munitions- und 1 Dampfwagen vorauf. . . .	800,04	78,84	8 30	7939,11	36,31	1 - 219	16,07
XIII.	2. August.	17 beladene, 1 Munitions- und 1 Dampfwagen.	1871,70	94,21	— —	10937,00	37,97	1 - 288	12,22
XIV.	2. August.	20 beladene, 1 Munitions- und 1 Dampfwagen.	2170,90	95,10	12 10	10596,16	34,21	1 - 282	12,51

Anm. Bei No. VI. hatte der Wagen blofs eine Plateform, mit einem offenen Geländer umgeben. Bei No. VIII. setzte die Form des Wagens der Luft einen besonders starken Widerstand entgegen. Bei No. IV. war beim Ende des Rennens die Buchse einer Achse sehr heifs. Bei No. XV., XIII. und XIV. ist der Widerstand des Dampfwagens mit eingerechnet.

Während der sämmtlichen Versuche war die Witterung schön und ruhig. Wie schon bemerkt, hatte man für die Fahrten an der Bahn keine besonderen Vorkehrungen gemacht, noch auch an dem gewöhnlichen Zustande der Wagen irgend etwas geändert. Wegen der 9 Radlenker am Fufse der Rampen mufs aber die gefundene Reibung für etwas stärker angesehen werden, als sie auf ganz freier Bahn gewesen sein würde.

§. 33.

Reibung der Wagen in der Mitte der Züge.

Wir haben bereits bei den ersten sechs Versuchen des Einflusses des Widerstandes der Luft gedacht. Wenn sich 5 Wagen zusammengekuppelt bewegen, so beträgt der Widerstand 9,17 Pfd. Engl. auf die Tonne, und wenn jeder einzeln sich bewegt, 11,65 Pfd. Die andern Versuche ergeben ähnliche Resultate. Vergleichen wir lange Wagenzüge mit kleinern, so finden wir, dafs der Widerstand immerfort abnimmt, je gröfser die bewegte Masse ist; selbst wenn sie der Luft die gleiche vordere Fläche entgegensetzt.

Die Luft widersetzt sich blofs dem vordersten Wagen. Nun geben die 6 ersten Versuche, mit einzelnen Wagen, den Widerstand des vorderen Wagens. Zieht man also denselben von dem Resultate der andern Versuche ab, so wird sich die Reibung der mittleren Wagen finden, nemlich die Reibung mit Ausschlufs des Widerstandes der Luft.

Zufolge der Versuche III., IV., V., VIII. und IX. beträgt die Reibung eines beladenen Wagens, an der Spitze des Zuges, 11,77 Pfd. Engl. auf die Tonne. Nimmt man also z. B. den Versuch VII., so ist das Gewicht 25,58 T. Engl., und auf jede Tonne kommen 9,17 Pfd. Engl. Reibung, was im Ganzen einen Widerstand von 234,5 Pfd. Engl. ausmacht. Zieht man davon die Reibung des vordersten Wagens, nemlich 5,12 . 11,77 = 60,25 Pfd. Engl. ab, so bleiben für die übrigen Wagen 174,25, welches, durch das Gewicht der Wagen dividirt, 8,5 Pfd. Reibung auf die Tonne giebt, oder

1 auf 264.

[Dafs die Reibung einzelner Wagen, im Verhältnisse zu ihrem Gewichte, gröfser ist, als die mehrerer Wagen, kann zuverlässig nicht

dem Widerstande der Luft allein zugeschrieben werden, sondern kommt wahrscheinlich mehr daher, dafs die kleinen Hindernisse auf der Bahn, die den Widerstand gegen die rollenden Räder ausmachen, eine grofse Masse nicht so leicht hemmen, als eine kleine, und dafs, wie schon bemerkt, die Wagen wechselseitig einander forthelfen, weshalb sie fast, als eine und dieselbe Masse bildend, betrachtet werden können. D. H.]

§. 34

Uebersicht der Resultate der obigen Versuche, auf die Reibung der Wagen mitten im Zuge bezogen.

Rechnen wir auf ähnliche Weise bei den andern Versuchen, und nehmen dazu noch die Resultate der 3 Versuche, bei welchen die Dampfwagen mit den Bahnwagenzügen verbunden blieben, so ergiebt sich Folgendes:

Tafel der Reibung der Wagen mitten im Zuge; also des Widerstandes, nach Abzug desjenigen der Luft gegen den vordersten Wagen.

No. des Versuchs.	Der Zug bestand aus:	Gewicht des Wagenzuges.	Gewicht eines Wagens im Durchschnitt.	Widerstand auf den Centner Gewicht des vordersten Wagens.	Widerstand auf den Centner Gewicht der mittlern Wagen.
II.	5 Waggons . . .	504,19 Ctr. Pr.	100,92 Ctr. Pr.	18,49 Loth Pr.	13,36 Loth Pr.
I.	5 Waggons . . .	617,13 - -	123,39 - -	18,49 - -	12,44 - -
XI.	11 Fuhrwerke . . .	960,29 - -	87,32 - -	18,49 - -	13,09 - -
X.	14 Waggons . . .	1215,14 - -	86,72 - -	18,49 - -	12,55 - -
VII.	19 Waggons . . .	1813,35 - -	95,40 - -	18,49 - -	12,43 - -
XII.	25 Fuhrwerke . . .	2168,14 - -	86,72 - -	18,49 - -	12,55 - -
XV.	8 Fuhrwerke . . .	660,69 - -	78,84 - -	24,89 - -	14,19 - -
XIII.	18 Fuhrwerke . . .	1710,07 - -	94,21 - -	21,78 - -	11,33 - -
XIV.	21 Fuhrwerke . . .	2006,51 - -	95,10 - -	23,92 - -	11,55 - -
Zusammen	126 Fuhrwerke, an Gewicht	11655,51 Ctr. Pr.	94,21 Ctr. Pr. im Durchschnitt.	20,17 Loth Pr. auf den Centner im Durchschnitt.	12,61 Loth Pr. auf den Centner im Durchschnitt.

Der Widerstand beträgt daher für die Wagen mitten im Zuge durchschnittlich 8 Pfd. Engl. auf die Tonne, oder 12,57 Loth Preufs. auf den Centner, oder

1 auf 280.

Nun geht aber immer dem Wagenzuge der Dampfwagen vorauf. Derselbe erfährt allein den Widerstand der Luft; und da nun derselbe bei der Bewegung des Dampfwagens in Rechnung gebracht wird, so folgt, dafs

alle übrigen Wagen als Wagen mitten im Zuge betrachtet werden können. Der Widerstand derselben mufs also zu 1 auf 280 angeschlagen werden, und dieses Verhältnifs werden wir bei allen unsern Versuchen annehmen.

Nach den obigen Tafeln war das Gewicht eines Wagens im Durchschnitte 94,215 Ctr. Der Wagen an der Spitze des Zuges fand einen Widerstand von 18,495 Loth auf den Ctr. oder im Ganzen von 54,20 Pfd. In der Mitte des Zuges dagegen nur 12,618 Loth auf den Ctr., oder 36,78 Pfd. im Ganzen. Der Unterschied lag in dem Widerstande der Luft. Dieser betrug also 17 bis 18 Pfd. für einen Wagen von mittlerer Höhe, und für die Geschwindigkeit, die bei den Versuchen Statt fand. Diese Geschwindigkeit war etwa 16 F. in der Secunde; denn etwa 9710 F. wurden in 10 Minuten durchlaufen.

Denselben Unterschied etwa ergeben directe Schätzungen des Widerstandes der Luft. Wir wissen nemlich, dafs der Wind, wenn seine Geschwindigkeit 20 F. Engl. in der Secunde beträgt, einen Quadr.-F. Engl. Fläche, mit der Kraft von 0,915, also beinahe 1 Pfd. Engl. stöfst, so dafs also auch eine gegen die Luft mit derselben Geschwindigkeit sich bewegende Fläche von 1 Quadr.-F. 0,915 Pfd. Engl. Widerstand findet. Also wird ein Wagen von $22\frac{1}{2}$ Q. F. Engl. Fläche ungefähr 20 Pfd. Engl. Widerstand finden.

Nachdem der Widerstand der Luft gegen den vordersten Wagen einmal von dem gesammten Widerstand abgezogen worden ist, hängt der Widerstand, auf den Centner gerechnet, nicht weiter von der Zahl der Wagen ab. Die übrigen Anomalieen, welche die Versuche ergeben, scheinen von zufälligen Umständen herzurühren: vom Zustande der Schienen, dem Luftstrome, der Schmierung u. s. w.; was sich nicht mit mathematischer Schärfe schätzen läfst.

[Hier möchte gegen die materiellen Daten, rücksichtlich des Widerstandes der Luft, eine Einwendung zu machen sein. Wenn sich nemlich die Luft gegen eine Fläche von 1 Quadr.-Fufs, oder umgekehrt diese gegen die Luft, mit der Geschwindigkeit v Fufs bewegt, so beträgt die Luftmasse, welche in einer Secunde zum Stofse gelangt, v Cub.-F., und wenn das Gewicht eines Cubik-Fufses Luft durch λ Pfd. bezeichnet wird, so ist das Gewicht der stofsenden Masse λv Pfd. Diese Masse bewegt sich gegen die Fläche mit v F. Geschwindigkeit. Ihr Stofs also wird so grofs sein, als die Kraft, welche nöthig ist, der Masse die Geschwindigkeit v beizubringen, weil die Fläche die Wirkung dieser Kraft vernichtet.

Die Schwere bringt in 1 Sec. die Geschwindigkeit $2g$ hervor, wo $g = 15\frac{5}{8}$ F. ist. Die **beschleunigende** Kraft des Stofses wird sich also zur Schwere verhalten, wie v zu $2g$. Sie wird folglich $\frac{v}{2g}$ sein. Die **bewegende** Kraft des Stofses also, weil jene beschleunigende Kraft auf die Masse λv wirkt, wird $\frac{\lambda v^2}{2g}$ sein. Allein Versuche (z. B. von *Woltmann*) haben ergeben, dafs der Stofs nicht so stark ist, als er nach der Theorie sein sollte, sondern dafs er nur etwa $\frac{2}{3}$ davon beträgt. Er ist also anzuschlagen auf $\frac{2}{3} \cdot \frac{\lambda v^2}{2g}$, oder auf:

$$\frac{\lambda v^2}{3g}.$$

Nun beträgt das Gewicht λ eines Cubik-Fufses Luft, bei mittler Temperatur, 0,08242 Pfd. Setzt man diesen Werth von λ, so wie denjenigen von $g = 15{,}625$ in den obigen Ausdruck, so findet man für den Stofs der Luft auf eine Fläche von 1 Quadr.-Fufs:

$$0{,}0017583 \,.\, v^2 \text{ Pfunde.}$$

Für die oben angenommene Geschwindigkeit von 16 F. in der Secunde beträgt also der Stofs der Luft auf 1 Quadr.-F. $16^2 . 0{,}0017583 = 0{,}4501$ Pfd. (Also nicht, wie im Text angenommen wurde, nahe an 1 Pfd. auf den Quadr.-F., sondern noch nicht $\frac{1}{2}$ Pfd.; wodurch denn die Folgerung im Text ungewifs wird.

Dafs der Unterschied des Widerstandes, den die Fuhrwerke auf der Bahn finden, wie schon erinnert, nicht von dem Widerstande der Luft **allein** herrühren kann, sondern eher mehr von demjenigen des Gewichts der bewegten Masse: davon liegt unter andern der Beweis auch darin, dafs der Widerstand, bei ungefähr gleichen Massen, gröfser sein müfste, wenn der Dampfwagen vorauffährt, als wenn dieses nicht der Fall ist, weil in der Regel der Dampfwagen der Luft mehr Fläche entgegensetzt, als andere Bahnwagen. Dieses ergeben indessen die obigen Versuche nicht, wenn man diejenigen vergleicht, bei welchen die bewegte Masse ungefähr dieselbe war, z. B. XIII. und VII., oder XIV. und XII. D. H.]

§. 35.

Versuche über die Reibung von Wagen ohne Federn.

Da die obigen Versuche mit Wagen angestellt wurden, welche auf Druckfedern ruhen und nach vervollkommneter Art gebaut sind, so könnte

man annehmen, dafs gewöhnliche Wagen, ohne Federn, einen stärkern Widerstand finden würden.

Um diesen Umstand zu erörtern, wurden auf unser Ersuchen einige Versuche auf der Darlingtoner Bahn, genau auf die obige Weise, durch Herrn *Robert B. Dockroy* angestellt.

Die Wagen, welche man dazu nahm, waren die gewöhnlichen, welche dort im Gebrauche sind. Ihre Räder haben 2 F. 11 Z. im Durchmesser, wie die Liverpooler. Sie wiegen leer 25,62 Ctr. und beladen, 78,84 Ctr. Sie haben keine Federn, und die Achsen haben da, wo sie sich in den Buchsen reiben, 2 Z. 11 L. im Durchmesser. Die Liverpooler Wagen-Achsen haben, wie oben bemerkt, an denselben Stellen nur 1 Z. 8,4 L. im Durchmesser, was dadurch möglich gemacht wird, dafs bei ihnen die Last auf Verlängerungen der Achsen, aufserhalb der Räder, drückt, wo die Achsen dünner sein dürfen, ohne ihrer Stärke zwischen den Rädern etwas zu nehmen. Bei den Darlingtoner Wagen drückt die Last auf Puncten zwischen den Rädern, wie bei gewöhnlichen Fuhrwerken, und zwischen den Rädern darf die Dicke der Achsen nicht vermindert werden, weil sie dort nicht allein die Last zu tragen hat, sondern auch die Räder in fester Stellung halten und dem Seitendrucke widerstehen mufs, der während der Bewegung immer Statt findet.

Die Resultate der Versuche mit diesen Wagen waren folgende:

No. der Versuche.	Zahl der Wagen im Zuge.	Länge des durchlaufenen Weges. Fufs Preufs.	Unterschied der Höhe des Anfangs- und des Endpunctes des Laufs. Fufs Preufs.	Reibung.	Reibung auf den Centner Last. Loth Preufs.
I.	12	9,276	33,56	1 auf 276	12,74
II.	4	9,323	33,61	1 - 277	12,68
III.	16	10,197	34,03	1 - 300	11,75
IV.	8	9,608	33,81	1 - 284	12,38

Während der Versuche wehte ein mittelmäfsiger Wind, in der Richtung der Fahrt, was zu berücksichtigen ist; denn es ist bekannt, dafs auf Eisenbahnen Wagenzüge öfters vom Winde allein auf eine beträchtliche Strecke fortgetrieben werden. [In der That: wenn ein Wagen z. B. 20 Quadr.-F. Querschnitt hat, und der Wind weht mit 40 F. Geschwindigkeit in der Secunde (was nur erst ein mäfsig starker Sturm ist), so dafs also dann der Stofs, dem Ausdrucke (§. 34.) zufolge, 1600.0,0017583 = 2,81 Pfd. auf den Quadr.-F. beträgt, so wird der Wagen mit 20.2,81

= 56,2 Pfd. Kraft fortgetrieben. Wiegt nun derselbe 100 Ctr., und wird die Reibung zu 1 auf 250 angeschlagen, so sind zur Fortbewegung des Wagens nur $\frac{100.110}{250} = 44$ Pfd. Kraft nöthig. Der Wind vermag also allerdings allein, den Wagen auf der Bahn fortzutreiben. D. H.] Alle Wagen waren in guter Ordnung, besonders diejenigen bei den Versuchen III. und IV., welche die besten auf der ganzen Bahn waren.

Da die Versuche, gegen die Erwartung, vortheilhaftere Resultate gaben, als diejenigen mit Wagen, welche auf Druckfedern ruhen: so blieb der Einfluſs der Federn auf die Bewegung noch näher zu untersuchen.

Man unterkeilte also die Plateform eines Wagens mit Federn, so daſs es nun war, als habe der Wagen keine Federn. Er wurde darauf mit 2 Tonnen Engl. Bleiklumpen beladen, und der Wirkung der Schwere überlassen. Die Reibung fand sich

1 auf 261.

Jetzt wurden die Keile unter den Federn weggenommen, so daſs die Federn wieder wirken konnten, und nun war die Reibung

1 auf 268.

Es ergab sich also ein kleiner Vorzug der Federn. Aber dieser Vorzug kann leicht wieder durch zufällige Umstände verloren gehen; wie z. B. durch bessere Politur der Buchsen, bessere Schmierung u. s. w., und man kann, in dem einen und dem andern Falle, die Reibung anschlagen zu

1 auf 280, oder 12,57 Loth auf den Centner,
(8 Pfd. Engl. auf die Tonne Engl.).

[Auffallend nur ist es, daſs die Darlingtoner Versuche vortheilhafte Resultate, ungeachtet der bedeutend gröſseren Dicke der reibenden Stellen der Achsen, gegeben haben. Dieser Umstand dürfte also auch wohl noch einer näheren Erörterung bedürfen.

Übrigens scheint, da die obige Berechnung des Widerstandes der Luft nicht ganz zugegeben werden kann, die Reibung mit 1 auf 280 doch wohl etwas zu gering angeschlagen, besonders für den Fall, wenn die bewegte Masse nicht sehr bedeutend ist. Es scheint, als sei das Verhältniſs der Reibung zur Last nicht constant, sondern verändere sich auch mit der Gröſse des Gewichts der bewegten Masse, vielleicht auch noch mit der Geschwindigkeit der Bewegung; auſser dem, daſs, besonders für

das letzte, der Widerstand der Luft in Betracht kommt. Es kann leicht sein, daſs, für die nemliche Güte der Schienen und der Fuhrwerke, das Verhältniſs der Reibung von 1 auf 160 bis zu 1 auf 300 wechselt. D. H.]

Viertes Capitel.

Über die Reibung und den Widerstand der Dampfwagen.

Abschnitt I.

Von der Reibung frei fahrender Dampfwagen.

§. 36.

Von den verschiedenen Mitteln, diese Reibung zu finden.

Nachdem der Widerstand untersucht worden, den die zu bewegenden Lasten auf der Schienenbahn den Dampfwagen entgegensetzen, war es nöthig, auch den Widerstand, den der Dampfwagen selbst auf den Schienen findet, zu ermitteln; denn es ist bloſs der Überschuſs an Kraft des Dampfwagens über den zu seiner eigenen Fortbewegung nöthigen Zug, welchen er zum Fortbringen von Lasten zu verwenden vermag.

Die Reibung eines Dampfwagens ist der Widerstand, welchen diese Maschine ihrer Bewegung entgegensetzt. Sie ist die Kraft, die angewendet werden muſs, alle Reibungen zu überwinden, welche ihre Bewegung in dem Augenblicke hemmen, wo sie einen Wagenzug fortzieht. Die Maschine muſs erstlich die Kraft besitzen, den Wagenzug fortzubringen, oder dessen gesammte Reibung zu überwinden, und zweitens die Kraft, sich selbst fortzuziehen, oder ihre eigene Reibung zu überwinden. Diese zweite Kraft ist die Reibung der Maschine selbst, oder vielmehr ihr gleich; die erste Kraft ist die Reibung des gesammten Wagenzuges, und beide zusammen sind die dem Dampfwagen nothwendige gesammte Kraft.

Diese gesammte Kraft ist in drei Fällen verschieden.

Erstlich, wenn der Dampf in dem Kessel eingeschlossen bleibt, ohne Zugang zu dem Mechanismus der Maschine und ohne Wirkung auf dieselbe, so also, daſs der Dampfwagen durch eine äuſsere Kraft in Bewegung gesetzt werden muſs, aber ohne übrigens Lasten zu ziehen.

Zweitens, wenn der Dampf die bewegende Kraft, aber noch kein Wagenzug fortzuziehen da ist.

Drittens, wenn sich die Maschine nicht bewegen kann ohne einen Wagenzug mit sich fortzuziehen. Der Widerstand wird dann nothwendig den Druck auf alle Theile des Mechanismus verstärken und die Reibung in allen Theilen desselben vergröſsern, und folglich den Widerstand der Maschine selbst.

Der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Falle kann nicht groſs sein; denn in beiden Fällen ist die Ladung der Maschine dieselbe, nemlich ihr eigenes Gewicht. Auſserdem: wie auch die Maschine in Bewegung gesetzt werden mag, rückt sie fort, und bei jeder Umdrehung der Räder erleidet der Mechanismus ungefähr die gleiche Reibung. Im zweiten Falle würde der Dampf eine gewisse Kraft anwenden, um den Dampfwagen fortzutreiben. Diese Kraft würde Pressungen auf die Kurbeln, Achsen, Gelenke, etc., und folglich verhältniſsmäſsige Reibungen hervorbringen. Im ersten Falle würde die statt der Kraft des Dampfes angewendete äuſsere Kraft auf die Kurbeln, Achsen und Gelenke den nemlichen Druck und dieselbe Reibung hervorbringen, wie vorhin der Dampf. Bloſs rücksichtlich derjenigen Theile, auf welche die Spannung des Dampfes direct und insbesondere wirkt, wird es sich in beiden Fällen auf verschiedene Weise verhalten. Diese von dem Dampfe, bei seinem Eintritt in die Cylinder, gepreſsten Theile werden im ersten Falle keine Pressungen erleiden, und es wird also, wenn der Dampf nicht die bewegende Kraft ist, in diesem Betracht weniger Reibung Statt finden.

Jene Theile sind die beiden Schiebeventile; denn nur diese werden unmittelbar von dem Dampfe gepreſst. Die Oberfläche eines Ventils, auf welche der Dampf wirkt, ist gewöhnlich 7 Z. 3,4 L. lang und 5 Z. 10 L. breit und enthält also 42,4 Quadr.-Z.; beide Ventile folglich 84,8 Quadr.-Z. Bewegt sich die Maschine, ohne Lasten zu ziehen, so ist nicht mehr als etwa 10,3 Pfd. Druck auf den Quadrat-Zoll nöthig. Versuche ergeben, daſs selbst 4 bis 5 Pfd. Druck hinreichen. Der Druck auf beide Ventile beträgt also nicht mehr als etwa 873 Pfd. Rechnet man nun die Reibung von Eisen auf Eisen, geschliffen und polirt, zufolge der Coulombschen Versuche, auf den 10ten Theil des Drucks: so beträgt die Reibung der Ventile etwa 87 Pfd. Die Widerstände in den verschiedenen Puncten einer Maschine verhalten sich umgekehrt wie die Geschwindigkeit, mit welcher die Puncte sich be-

Bayerische
Staatsbibliothek
München

wegen. Das Schiebeventil rückt bei jedem Kolbenhube blofs um 2 Z. 11 L., also bei jedem Umgange des Rades nur um 5 Z. 10 L. fort, während der Umfang eines Rades, von 4 F. $10\frac{1}{4}$ L. im Durchmesser, 15,27 F. durchläuft. Die Reibung der Ventile bringt also auf den Schienen blofs eine Reibung von $\frac{87.5\frac{1}{8}}{12.15,27}$ oder von etwa 3 Pfd. hervor. Hieraus folgt, dafs, in der Ausübung, der Widerstand, welchen die Maschine erleidet, wenn sie keine Lasten fortzieht, in den beiden ersten obigen Fällen als gleich angesehen werden kann.

Rücksichtlich des Unterschiedes zwischen den beiden ersten Fällen und dem dritten wissen wir, dafs die Reibung sich wie der Druck verhält. Nun nehmen offenbar die Pressungen auf die verschiedenen Theile der Maschine in dem Verhältnifs zu, wie die Last, welche sie zieht. Und zwar mufs zu der fortgezogenen Last die der Maschine selbst hinzugethan werden. Die von der Regel ausgenommenen Theile sind, erstlich, der Kolben, welcher in allen Fällen auf die nemliche Weise geprefst wird, weil der Dampf keinen Zugang in sein Inneres hat. [Diese Stelle ist etwas undeutlich; sie heifst im Original: *the piston, which remains in all cases pressed in the same manner, the steam having no access into its interior.* D. H.] Zweitens der Schieber, dessen Reibung mit der Spannung im Kessel sich verändert, die nur indirect auf die Ladung sich bezieht, und drittens die excentrischen Scheiben, deren Reibung sich nach derjenigen der Schieber richtet. Alle übrigen Theile der Maschine sind der obigen Regel unterworfen. Der hauptsächlichste Druck findet auf die Kurbeln und die Achsen Statt, und dieser Druck steht genau in dem Verhältnisse der Ladung.

Es mufs also ein beträchtlicher Unterschied in der Reibung Statt finden, wenn die Maschine Lasten fortzieht, und wenn sie blofs allein sich fortbewegt. Wir werden diesen Unterschied durch Versuche zu ermitteln suchen.

Zuerst werden wir die Reibung der leer gehenden Maschine zu finden suchen, und dann den Einflufs der Ladung auf die Reibung. Die Resultate in den beiden Fällen werden uns in den Stand setzen, den Widerstand von Dampfwagen in allen vorkommenden Fällen zu schätzen.

Bayerische Staatsbibliothek München

§. 37.

Reibung der Dampfwagen, aus der kleinsten Spannung der Dämpfe gefunden.

Die obige Bemerkung, daſs die Kraft zur Fortbewegung eines Dampfwagens sehr nahe die nemliche ist, der Dampf selbst, oder eine andere äuſsere Gewalt mögen die bewegende Kraft sein, führt auf zwei verschiedene Mittel, die Reibung des Wagens in dem Falle zu finden, wenn er keine Last fortzieht. Das erste Mittel ist, die geringste Spannung des Dampfes zu suchen, die nöthig ist, den Wagen auf den Schienen in Bewegung zu setzen, wenn er keinen andern Widerstand findet, als seinen eigenen. Das zweite Mittel ist dasjenige, welches auf die Waggons angewendet wurde. Beide haben wir benutzt.

Das erste Mittel gründet sich auf folgende Erwägungen.

Wenn wir sehen, daſs der Dampf mit einem gewissen Druck auf den Quadratzoll die Maschine fortzutreiben vermag, so dürfen wir nur den Druck des Dampfes auf die Kolben berechnen, deren Fläche in Quadratzollen bekannt ist. Da dieser Druck hinreicht, die Maschine fortzutreiben, das heiſst, ihren Widerstand zu überwinden, so giebt derselbe den Betrag dieses Widerstandes selbst. Es ist nur zu berücksichtigen, daſs, nach dem bekannten Princip der virtuellen Geschwindigkeiten, die Pressung, welche ein Theil einer Maschine erfährt, auf einen andern Theil derselben übertragen, nur dann die nemliche bleibt, wenn sich beide Theile gleich geschwind bewegen. Ist die Geschwindigkeit der Bewegung verschieden, so stehen die Pressungen im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeit. Dieses Princip zeigt sich klar und a priori an den einfachen Maschinen, wie dem Hebel, der Rolle, dem Flaschenzuge u. s. w. Der bloſse Anblick reicht hin, um zu sehen, daſs, wenn eine Kraft vermittelst einer Maschine ein Gewicht zu heben im Stande ist, welches z. B. vier mal so viel beträgt, als die Kraft: daſs die Kraft dann zu dem Ende einen vier mal so groſsen Raum durchlaufen muſs als das Gewicht. In dem vorliegenden Falle verhält sich die Geschwindigkeit der Kolben zu der Geschwindigkeit der Fortbewegung der Maschine selbst, wie zwei Kolbenläufe zu einem Umfange der Räder, weil der Kolben hin und her sich bewegt, während das Rad umläuft. Eine auf den Kolben wirkende Kraft, auf die Fortbewegung der Maschine übertragen, reducirt sich also in demselben Verhältnisse, nemlich in demjenigen zweier Kolbenläufe zu dem Umfange der Räder.

Es sei d der Durchmesser des Kolbens, π das Verhältnifs des Umfanges eines Kreises zu seinem Durchmesser: so ist $\frac{1}{4}\pi d^2$ die Fläche eines Kolbens, und wenn p den wirksamen Druck des Dampfes auf einen Quadratzoll bezeichnet,

$$\frac{1}{2}\pi d^2 p$$

der wirksame Druck des Dampfes auf die beiden Kolben. Ist ferner l die Länge des Kolbenlaufs, und D der Durchmesser der Dampfwagenräder, so ist die Wirkung des Drucks auf die Kolben, übertragen auf den Umfang der Räder, $\frac{1}{2}\pi\, d^2 p \,.\, \frac{2l}{\pi D}$ oder

$$R = \frac{pld^2}{D};$$

welches, wie oben bemerkt, der Widerstand ist, den die Maschine auf den Schienen findet.

Hier ist zu bemerken, dafs wir den Druck des Dampfes in den Cylindern der Spannung desselben im Kessel gleich gesetzt haben. Dieses ist deshalb geschehen, weil bei den Versuchen die Bewegung der Maschine nur sehr langsam vor sich ging und der Regulator völlig offen war, so dafs die beiden Spannungen Zeit hatten, sich ins Gleichgewicht zu setzen, und also als gleich angesehen werden konnten. Ferner ist zu bemerken, dafs der wirksame Druck p des Dampfes nicht die gesammte Kraft desselben, sondern nur ihr Überschufs über den Druck der Atmosphäre ist. Die bewegende Kraft des Dampfes dagegen ist seine ganze Spannung, die durch P bezeichnet werden mag. Andererseits aber ist auch der Widerstand der Kolben nicht blofs derjenige, welcher von der Reibung des Wagens auf den Schienen herrührt, sondern es drückt auch auf die Kolben, direct oder indirect, wie auf jeden andern Körper, der mit der Luft in Berührung ist, die Atmosphäre, dem Dampf entgegen. Wir haben also eigentlich nur zwei einander gleiche, entgegengesetzte Kräfte aus der Rechnung weggelassen, nemlich die Pressungen der Luft. Dies ist völlig zulässlich; denn wenn Kraft und Widerstand im Falle des Gleichgewichts in Betracht gezogen werden, so wird die Gleichheit nicht aufgehoben, wenn man beiderseits gleich viel wegläfst.

Um den geringsten Druck zu ermitteln, der im Stande ist, die Maschine in Bewegung zu setzen, mufsten die Versuche dann angestellt werden, wenn der Dampf die möglich-geringste Spannung hatte. Des Abends,

nach vollbrachtem Tagewerke, und nachdem das Feuer aus der Esse genommen ist, verliert das Wasser seine Hitze und der erzeugte Dampf allmälig seine Spannung. Dieses also war die Zeit, wo sich die geringste Spannung des Dampfes, welche die Maschine fortzutreiben vermag, ermitteln liefs. Durch die Federwage am Sicherheitsventile hätte sich die Spannung des Dampfes im Kessel finden lassen, indem man die Feder so weit lüftete, bis sie der Dampfspannung das Gleichgewicht hielt. Aus der dieser Spannung entsprechenden Anzeige der Scale der Wage liefs sich die Spannung berechnen. Um indessen die Rechnung zu ersparen, brachte man die Maschine unter die Quecksilberwage, welche unmittelbar die Spannung des Dampfs im Augenblicke des Versuches gab. So wurden die folgenden Versuche angestellt.

[Bei der Beschreibung dieser Versuche wird, um die Brüche zu vermeiden, durchweg das englische Maafs und Gewicht beibehalten, dagegen aber dasselbe in der Zusammenstellung der Resultate auf preufsisches Maafs und Gewicht reducirt werden. D. H.]

I. Am 5. Juli wurde mit dem *Atlas* experimentirt. Diese Maschine hat Cylinder von 12 Z. im Durchmesser; der Kolbenhub beträgt 16 Z., die Räder haben 5 F. im Durchmesser, der Dampfwagen wiegt 11,4 Tonnen. Der Munitionswagen war nicht angehängt.

Nachdem die Feder der Wage allmälig gelöset worden war, um die Spannung des Dampfes im Kessel, so wie sie abnahm, anzuzeigen, wurden folgende Versuche gemacht.

Als die Wage 2 Pfd. Spannung zeigte, bewegte sich der Wagen nach vorwärts und rückwärts, und zwar konnte er von der Ruhe in Bewegung gesetzt werden; also konnte nicht blofs die Reibung, sondern auch noch die Trägheit (*inertia*) der Masse überwunden werden. Die Kraft reichte noch hin, nicht blofs eine erlangte Geschwindigkeit zu erhalten, sondern eine Geschwindigkeit hervorzubringen; welches einen Überschufs an Kraft anzeigte.

Bei 1 Pfd. Druck gerieth die Maschine ebenfalls noch aus der Ruhe in Bewegung.

Mit noch ein wenig verminderter Spannung blieb noch der Wagen in Bewegung. In diesem Augenblicke brachte man die Maschine unter die Quecksilberwage. Sie zeigte 4 Pfd. wirksamen Druck auf den Quadrat-Zoll im Kessel. Das Sicherheitsventil trug nur noch das Gewicht

des Hebels, oder vielleicht etwas weniger, was sich nicht erkennen liefs, da die Scale nicht unter Null reichte.

Da der Cylinder 12 Z. im Durchmesser hatte, so betrug die Oberfläche der beiden Kolben 226 Quadr.-Z., also der Druck auf die Kolben $4 . 226 = 904$ Pfd., das heifst: der Dampf vermochte 904 Kraft mit der Geschwindigkeit der Kolben zu erzeugen. Dieses giebt, auf den Umfang des Rades übertragen, weil sich dort die Kraft zu der des Kolbens verhält, wie die Länge zweier Kolbenläufe zum Umfange des Rades, $\frac{2 . 1,33}{15,71} . 904 = 154$ Pfd.

Da nun der Wagen noch in dem Augenblicke sich bewegte, wo er unter die Quecksilberwage gebracht war, obgleich die Spannung schon bis auf 4 Pfd. abgenommen hatte: so folgt, dafs der Widerstand, den die Maschine fand, nicht über 154 Pfd. betrug.

Dieser erste Versuch wurde mit der Maschine, getrennt von dem Munitionswagen, angestellt, damit nicht ein Widerstand dem andern entgegen wirken möchte. Als man aber wünschte, ihn auf leichtere Maschinen auszudehnen, deren Räder nicht gekuppelt waren, ergab sich eine Schwierigkeit. Die zur Bewegung der Maschine nöthige Kraft war nemlich so gering, dafs die Federwage sie nicht angeben konnte; denn der Druck war geringer, als selbst das Gewicht des Hebels. Ein anderes Hindernifs dieses geringen Drucks war, dafs er nur noch in dem Augenblicke zu erlangen war, wo die Erzeugung von Dampf ganz aufhörte und der Druck nun so schnell abnahm, dafs er sich nicht mehr mit einiger Genauigkeit messen liefs.

Da nun andererseits der Widerstand des Munitionswagens, nach Maafsgabe der obigen, mit Bahnfuhrwerken angestellten Versuche, sich berechnen liefs: so war es leicht, diesen Widerstand mit in Rechnung zu ziehen. Man hing also den Munitionswagen an den Dampfwagen an, und nun liefs sich genau experimentiren und die Spannung des Dampfs bequem durch Beobachtung finden. Dieserhalb wurde bei den folgenden Versuchen der Munitionswagen nicht mehr von dem Dampfwagen getrennt.

II. Am 21. Juli wurde ein Versuch mit dem *Sun* angestellt. Die Cylinder dieser Maschine haben 11 Z. im Durchmesser, die Räder 5 F.; der Kolbenhub beträgt 16 Z., das Gewicht des Wagens 7,91 Tonnen.

Als die Wage 6 Pfd. Druck zeigte, setzte sich der Wagen nebst dem mit Kohlen und Wasser beladenen Munitionswagen in Bewegung.

Eben so bei 4 und bei 2 Pfd. Auch noch bei 1 Pfd. Desgleichen, als das Ventil nur noch das Gewicht des Hebels trug und die Wage nichts mehr anzeigte.

Nach noch weiterer Verminderung der Spannung setzte sich die Maschine nicht mehr in Bewegung, fuhr aber fort, sich zu bewegen, wenn sie in Bewegung gebracht wurde.

In diesem Augenblicke brachte man sie unter die Quecksilberwage. Dieselbe zeigte $5\frac{1}{2}$ Pfd. Spannung auf den Quadrat-Z., so daſs dieses als die Spannung zu betrachten ist, welche den Dampfwagen nebst seinem Munitionswagen fortzubewegen vermag.

Die Oberfläche der Kolben hält 190 Quadr.-Z., welches mit $5\frac{1}{2}$ multiplicirt, $190.5,5 = 1045$ Pfd. Kraft der Kolben giebt, welche die Geschwindigkeit derselben hat, und darauf $\frac{1045}{5,887} = 177,5$ Pfd. Kraft mit der Geschwindigkeit der Maschine selbst. Diese Kraft also vermochte, den Dampfwagen nebst seinem Munitionswagen fortzubewegen. Nun wog der mit Wasser und Kohlen beladene Munitionswagen 6,5 Tonnen, und zufolge der Versuche mit Bahnfuhrwerken sind auf jede Tonne 8 Pfd. Kraft nöthig, um ein solches Fuhrwerk fortzutreiben. Es kamen also auf den Munitionswagen $6,5.8 = 52$ Pfd., und folglich blieben für den Dampfwagen $177 - 52 = 125$ Pfd. nothwendige Fortbewegungskraft.

III. Am 23. Juli wurde mit der nemlichen Maschine, dem *Sun*, experimentirt und es fanden sich folgende Resultate.

Als die Wage 4 Pfd. Druck anzeigte, setzte sich der Dampfwagen, von seinem mit Wasser und Kohlen beladenen Munitionswagen gefolgt, in Bewegung.

Bei 1 Pfd. Druck geschah solches noch kräftig.

Bei 0 Pfd. an der Wage noch mit Leichtigkeit.

Bei 2 Pfd. unter Null bewegte sich die Maschine noch mit einer Geschwindigkeit von 3 bis 4 F. in der Secunde.

Jetzt wurde die Maschine unter die Quecksilberwage gebracht, welche nun $4\frac{3}{4}$ Pfd. zeigte. Bei diesem Versuche war man zu der geringsten Spannung gelangt, die die Maschine noch fortzubewegen vermochte. Wie oben gerechnet, geben $4\frac{3}{4}$ Pfd. Spannung eine Kraft von 902,5 Pfd. am

Kolben und eine Zugkraft von 153 Pfd. Zieht man hiervon 52 Pfd. für den Widerstand des Munitionswagens ab, so bleiben 101 Pfd. für den Widerstand des Dampfwagens.

IV. Am selben Tage wurde mit dem *Firefly* ein ähnlicher Versuch angestellt. Die Cylinder dieser Maschine haben 11 Z. im Durchmesser, die Räder 5 F. Der Kolbenhub beträgt 18 Z., das Gewicht des Wagens 8,74 Tonnen. Nur ein Paar Räder wurden durch die Kolben in Bewegung gesetzt.

Bei 3 Pfd. an der Wage setzte sich die Maschine, mit ihrem mit Wasser und Kohlen beladenen Munitionswagen, in Bewegung.

Bei 2 Pfd. ebenfalls. Bei 0 desgleichen; sie fuhr zurück, und dann in entgegengesetzter Richtung.

Bei 1 Pfd. unter Null setzte sie sich vorwärts und rückwärts in Bewegung. Nachdem der Druck noch ein wenig weiter abgenommen hatte, war er eben noch hinreichend, die Bewegung fortzusetzen.

Jetzt brachte man die Maschine unter die Quecksilberwage, welche nun $4\frac{1}{2}$ Pfd. Druck anzeigte. Dieses giebt, $4\frac{1}{2}$ Pfd. Druck auf die Kolben gerechnet, 163 Pfd. Zugkraft, und 52 Pfd. für den Munitionswagen abgezogen, bleiben 111 Pfd. Zugkraft für den Dampfwagen.

§. 38.

Reibung der Dampfwagen, durch den Dynamometer gemessen.

Nachdem der Widerstand der Dampfwagen auf die beschriebene Weise zu messen versucht worden war, wendete man dazu auch den Dynamometer an.

V. Am 22. Juli wurde der *Vulcan*, welcher 11 Z. Durchmesser der Cylinder, 16 Z. Kolbenhub, 5füſsige Räder und 8,34 Tonnen an Gewicht hat, des Morgens, als er zur Abfahrt nach Manchester bereit und sein Kessel mit Wasser, die Esse mit Kohlen gefüllt waren, von seinem Munitionswagen abgelöset. Die Kolben wirkten nur auf ein Paar Räder.

Es wurde eine kreisförmige Federwage an die Maschine angebracht und eine Stange durch den Ring der Wage gesteckt, so daſs an derselben zwei Arbeiter die Maschine ziehen konnten.

Zuerst wurde die Maschine durch 5 oder 6 Menschen in Bewegung gebracht. Nachdem sie den ersten Anstoſs bekommen hatte, konnten sie zwei Menschen, an der Stange ziehend, ohne Schwierigkeit, mit

einer Geschwindigkeit von 3 bis 4 F. in der Secunde in Bewegung erhalten. Der Zeiger der Wage schwankte sehr. Er wankte von 130 bis 170 Pfd. Die mittlere Zugkraft war also 150 Pfd.

Darauf wurde die Wage von der vorderen Seite des Wagens abgenommen und an die hintere Seite angebracht. Der Versuch wurde wiederholt und gab eine durchschnittliche Zugkraft von 140 Pfd. Der Zeiger schwankte auf 20 Pfd., darunter und darüber.

Der Durchschnitt der beiden Versuche hatte also 145 Pfd. ergeben.

Die Maschine war, wie gesagt, zur Abfahrt bereit gewesen und hatte schon einige Bewegungen auf den Schienen gemacht, um das Feuer anzuzünden und den Kessel zu füllen, so dafs der Schmier schon geschmolzen und das Öl völlig im Flufs war. Da indessen der Versuch auf einer Station bei Liverpool gemacht wurde, wo viel Passage ist und die Schienen mit Asche und Koth bedeckt sind, so war der Widerstand hier ungewöhnlich stark.

VI. Am 23. Juli, des Abends, wurde mit dem *Sun,* dessen Maafse schon oben angegeben sind, und der 7,90 Tonnen wog, auf dieselbe Weise experimentirt. Man fand in der Richtung nach Manchester 100 und in der entgegengesetzten Richtung 130 Pfd. Zugkraft, im Durchschnitt also 115 Pfd. Der Kessel war gefüllt, die Esse aber leer.

VII. Am selben Tage erforderte die *Firefly*, deren Maafse ebenfalls oben angegeben sind, und deren Gewicht 8,74 Tonnen betrug, 125 Pfd. Zugkraft in der einen und 130 Pfd. in der andern Richtung, im Durchschnitt also 127½ Pfd. Der Kessel war gefüllt, die Esse leer.

VIII. Am gleichen Tage erforderte die *Fury,* deren Cylinder 11 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser haben, die 16 Z. Kolbenhub hat und 8,2 T. wiegt, nach Manchester zu 100 Pfd. und in entgegengesetzter Richtung 110 Pfd., im Durchschnitt also 105 Pfd. Zugkraft.

Bei diesen Versuchen waren die Dampfwagen von ihren Munitionswagen getrennt. Die Schienen wurden an den Versuchsplätzen für horizontal gehalten. Indessen haben sie wahrscheinlich einigen Abhang; was der Grund war, warum in der einen Richtung mehr Zugkraft sich ergab, als in der andern.

§. 39.

Reibung der Dampfwagen, aus dem Reibungswinkel berechnet.

Die Resultate der letzten Versuche weichen nicht sehr von denen der ersten ab. Da indessen der Zeiger des Dynamometers bei allen Versuchen sehr schwankte, entweder wegen kleiner Unebenheiten der Bahn, oder wegen des ruckweisen Ziehens der Arbeiter, so war es sehr schwer, den Durchschnitt der Zugkraft mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. Aufserdem vergröfserte die Unreinigkeit der Schienen die Zugkraft sehr. Es blieb also zu wünschen, dafs die Resultate auch noch auf eine andere Weise mit gröfserer Genauigkeit bestätigt würden.

Aus diesem Grunde wurde mit dem nemlichen Dampfwagen auch noch auf gleiche Weise experimentirt, wie früher mit den anderen Bahnwagen.

IX. Am 30. Juli wurde der *Jupiter* nach der Rampe von Sutton gebracht, an die nemliche Stelle, wo die Versuche mit den Bahnwagen waren gemacht worden. Die Cylinder der Maschine hatten 11 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser; der Kolbenhub betrug 16 Z., das Gewicht des Dampfwagens 7,9 T. Die Kolben wirkten nur auf ein Paar Räder. Der Dampfwagen wurde von seinem Munitionswagen abgelöset und der Wirkung der Schwere überlassen.

Er lief von No. 0., in 7 Min. 12 Sec., bis 249 F. hinter No. 18., also 6189 F. weit, und 36,78 F. herunter. Die Reibung betrug also 1 auf 168 oder $\frac{7{,}90\ T.}{168} = 105$ Pfd., worunter der Widerstand der Luft für eine Geschwindigkeit von 13 bis 14 F. in der Secunde mitbegriffen ist.

X. Am 31. Juli wurde der *Atlas* nach derselben Stelle gebracht. Die Cylinder desselben haben 12 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser; der Kolbenhub beträgt 16 Z., das Gewicht der Maschine 11,4 T. Alle vier Räder waren gekuppelt. Der Wagen konnte nicht genau an den gehörigen Punct gebracht werden und stand noch 99 F. hinter No. 1. Es war nicht möglich gewesen, den schweren Wagenzug weiter zu bringen, so dafs der obige Abgangsgunct genommen werden mufste. Die Maschine wurde der Wirkung der Schwere überlassen. Sie lief bis 273 F. hinter No. 17., 5454 F. weit und 32,07 F. hinunter. Die Reibung betrug also 1 auf 170, oder 150 Pfd. Hierunter ist wieder der Widerstand der Luft, für eine Geschwindigkeit von 11 bis 12 F. in der Secunde, mitbegriffen.

XI. Am 1. August wurde wieder der *Atlas* nach der Sutton-Rampe, und zwar genau nach No. 0. gebracht und der Wirkung der Schwere überlassen. Er rann bis 45 F. hinter No. 14., 4665 F. weit in 5 Min. 40 Sec., und 35,40 F. hinab. Die Reibung betrug also 1 auf 132, oder 194 Pfd.

Die Maschine war die Nacht vorher reparirt worden. Die Kuppelstangen waren zu schwach gewesen, und die neuen Stangen paſsten noch nicht genau. Die dadurch entstandene Hemmung, weil sie auf die Räder an dem Ende eines 1 F. langen Hebels, nemlich des Kurbelarms wirkte, war für die Geschwindigkeit der Maschine ein bedeutendes Hinderniſs. Diese Reibung des *Atlas* kommt also neben den Resultaten der anderen Versuche, vor dem 1. August, nicht in Betracht.

XII. Am 1. August wurde mit der *Vesta* auf ähnliche Weise experimentirt. Die Cylinder der Maschine hatten ursprünglich 11 Z. im Durchmesser gehabt; sie waren aber bei einer Reparatur neu gebohrt worden, und ihr Durchmesser betrug jetzt $11\frac{1}{8}$ Z. Der Durchmesser der Räder betrug 5 F., der Kolbenhub 16 Z., das Gewicht des Wagens 8,71 T. Die Kolben wirkten nur auf ein Räderpaar. Die Maschine rann innerhalb 6 Min. 3663 F. weit, von No. 0. bis 33 F. hinter No. 11., 33,07 F. hoch herab; welches eine Reibung von 1 auf 104, also von 187 Pfd. giebt.

Die Maschine war reparirt worden und hatte seitdem nur erst zwei oder drei Reisen gemacht. Die verschiedenen Theile und Gelenke derselben paſsten nicht gut; was der Grund der verhältniſsmäſsig starken Reibung war.

XIII. Am 2. August rann die *Fury* von No. 0. bis 48 F. hinter No. 18., innerhalb 7 Min., 5988 F. weit, 36,68 F. hoch herunter; welches eine Reibung von 1 auf 163 giebt, also von 113 Pfd. Die Cylinder der Maschine haben 11 Z. die Räder 5 F. im Durchmesser; der Kolbenhub beträgt 16 Z., das Gewicht der Maschine 8,02 T. Die Räder waren nicht gekuppelt.

XIV. Am 2. August lief der *Vulcan*, dessen Cylinder 11 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser haben, und dessen Kolbenhub 16 Z., das Gewicht 8,34 T. beträgt, von einem 27 F. über No. 0. liegenden Punct, in 6 Min. 30 Sec. 5391 F. weit, 36,52 F. hoch herunter; welches eine Reibung von 1 auf 148, also von 127 Pfd. giebt.

XV. Am 4. August lief der *Leeds*, welcher dieselben Maafse hat, wie die *Fury* und der *Vulcan*, aber 7,07 T. wiegt, in 6 Min. 30 Sec. 5472 F. weit 36,32 F. hoch hinab. Die Reibung war also 1 auf 150, oder 105 Pfd. Einer der Kolben knarrte wegen unvollkommener Schmierung.

XVI. Am 15. August rann ebenfalls der *Leeds*, von demselben Punct, in 6 Min. 5061 F. weit 35,86 F. hinab, welches eine Reibung von 1 auf 141, also von 112 Pfd. giebt. Einer der Kolben knarrte wieder, wie vorhin.

Bei den Resultaten aller dieser Versuche ist der Widerstand der Luft gegen eine Geschwindigkeit von 14 bis 16 F. in der Secunde mit eingeschlossen.

§. 40.

Uebersicht der vorigen Versuche.

Tafel über die Reibung von Dampfwagen auf einer Eisenbahn.

No. des Versuchs.	Tag des Versuchs.	Name des Dampfwagens.	Durchmesser der Cylinder.		Kolbenhub.		Durchmesser der Räder.		Gewicht des Dampfwagens.	Die Reibung wurde gefunden durch den	Reibung nach den Versuchen.	Reibung im Durchschnitt.
			Z.	L. Pr.	Z.	L. Pr.	F.	Z. Pr.	Ctr. Pr.		Pfd. Pr.	Pfd. Pr.
I.	5. Juli.	*Atlas.*	11	8	15	6½	4	10¼	224,70	kleinsten Druck.	149,06	147,12
X.	31. Juli.	*Altas.*	11	8	15	6½	4	10¼	224,70	Reibungswinkel.	145,19	
XI.	1. Aug.	*Atlas.*	11	8	15	6½	4	10¼	224,70	Reibungswinkel.	187,78	187,78
II.	21. Juli.	*Sun.*	11	6	15	6½	4	10¼	155,90	kleinsten Druck.	120,99	110,02
III.	23. Juli.	*Sun.*	11	6	15	6½	4	10¼	155,90	kleinsten Druck.	97,76	
VI.	23. Juli.	*Sun.*	11	6	15	6½	4	10¼	155,90	Dynamometer.	111,31	
IV.	23. Juli.	*Firefly.*	11	6	15	6½	4	10¼	172,27	kleinsten Druck.	107,44	115,18
VII.	23. Juli.	*Firefly.*	11	6	15	6½	4	10¼	172,27	Dynamometer.	122,92	
V.	22. Juli.	*Vulcan.*	11	6	15	6½	4	10¼	164,38	Dynamometer.	140,44	131,68
XIV.	2. Aug.	*Vulcan.*	11	6	15	6½	4	10¼	164,38	Reibungswinkel.	122,92	
VIII.	23. Juli.	*Fury.*	11	6	15	6½	4	10¼	161,62	Dynamometer.	101,63	105,50
XIII.	2. Aug.	*Fury.*	11	6	15	6½	4	10¼	161,62	Reibungswinkel.	109,37	
XV.	4. Aug.	*Leeds.*	11	6	15	6½	4	10¼	139,35	Reibungswinkel.	101,63	105,02
XVI.	15. Aug.	*Leeds.*	11	6	15	6½	4	10¼	139,35	Reibungswinkel.	108,41	
IX.	30. Juli.	*Jupiter.*	11	6	15	6½	4	10¼	155,71	Reibungswinkel.	101,63	101,63
XII.	1. Aug.	*Vesta.*	11	7½	15	6½	4	10¼	171,48	Reibungswinkel.	181,00	181,00

Aus diesen Resultaten folgt, wenn wir die *Vesta* bei Seite setzen, die besonders, mehrerer Umstände wegen, eine Ausnahme macht, für die Dampfwagen mit ungekuppelten Rädern durchschnittlich ein Widerstand von 111,03 Pfd. Der sehr schwere *Atlas*, mit gekuppelten Rädern, hatte, als er durch die Kuppelstangen nicht gehemmt wurde, einen Widerstand von 147,1 Pfd.

Als ein Durchschnitt aller Versuche läſst sich, in Folge einer Vergleichung des gesammten Gewichts der Maschinen und der gesammten Reibung, annehmen, daſs Dampfwagen, wenn sie gut gebaut und in gutem Stande sind, auf Eisenbahnen einen Widerstand von

1 auf $149\frac{1}{3}$ (15 Pfd. auf die Tonne) ihres Gewichts

finden. Dies läſst sich im voraus annehmen, wenn man eine Maschine bauen und ihre zukünftige Reibung im voraus schätzen will.

Wir haben schon bemerkt, daſs die Versuche mit dem Dynamometer und der geringsten Dampfspannung an einem Orte angestellt werden muſsten, wo die Schienen einen ungewöhnlich starken Widerstand entgegensetzten. Anderntheils fanden die Versuche mit dem Reibungswinkel an einer Bahnstelle Statt, wo 9 Kreuzungen zu passiren waren, was die Geschwindigkeit um so mehr verminderte, da die Kreuzungen weit unterhalb lagen. Es läſst sich daher für gut gebaute und, wie die Liverpooler, gut erhaltene Maschinen das obige Verhältniſs der Reibung mit ziemlicher Sicherheit annehmen, ohne zu fürchten, daſs man zu wenig rechne.

Bei allen Versuchen mit Dampfwagen, die wir noch zu beschreiben haben, werden wir übrigens nicht auf das durchschnittliche Resultat, sondern auf die wirklich gefundene Reibung Rücksicht nehmen.

Abschnitt II.

Von der aus dem Widerstande der Fracht herrührenden additionellen Reibung der Dampfwagen.

§. 41.

Wie dieselbe zu berechnen.

Wir haben bis jetzt die Reibung von Dampfwagen gesucht, welche frei fahren, ohne Lastwagen zu ziehen. Wir sahen aber oben schon, daſs die Reibung in dem Verhältnisse der Last, welche die Maschine fortschafft, zunehmen muſs. Wir haben daher nunmehr noch den Betrag der Reibung für verschiedene L a d u n g e n zu suchen, um die darauf Bezug habende Zunahme der Reibung zu ermitteln.

Wenn ein Dampfwagen einen Wagenzug fortzieht, so giebt die Federwage die Spannung des Dampfes im Kessel an, aber noch nicht diejenige in den Cylindern, welche, wie sich weiter unten zeigen wird,

wegen des Weges, den der Dampf vom Kessel bis zum Cylinder zu durchlaufen hat, geringer ist. Nur wenn man direct die Spannung in den Cylindern finden, z. B. eine Quecksilberwage daselbst ansetzen könnte, würde sich die Reibung der Maschine für eine gegebene Ladung unmittelbar ergeben; denn man dürfte dann nur den gesammten Druck auf die Kolben nehmen, und würde daraus unmittelbar die Kraft der Maschine erfahren, welche sodann den aus der Reibung des Lastwagenzuges und des Dampfwagens zusammengesetzten Widerstand geben würde.

Wenn die Geschwindigkeit einer Maschine, welche Lasten fortzieht, zunimmt, so muſs ein Überschuſs an Kraft vorhanden sein, und gegentheils zu wenig Kraft, wenn die Geschwindigkeit abnimmt. Wenn dagegen die Maschine eine gleichförmige Geschwindigkeit erlangt hat, und diese Geschwindigkeit sich unveränderlich erhält, so muſs ihre Kraft nothwendig dem Widerstande gleich sein, weil sonst entweder Beschleunigung oder Verzögerung des Laufs sich zeigen müſste.

Haben wir also die Kraft der Maschine gefunden; so kennen wir den Widerstand, welchen sie erfährt, und welcher aus demjenigen des Wagenzuges und dem der Maschine selbst zusammengesetzt ist. Diese Summe der Widerstände ist der Kraft der Maschine gleich: folglich ist der Widerstand der Maschine ihrer Kraft weniger dem Widerstande des Wagenzuges gleich.

Es läſst sich also unmittelbar die Reibung der Maschine finden, sobald man die Spannung der Dämpfe in den Cylindern kennt.

Es giebt Fälle, wo diese Spannung in den Cylindern direct bekannt und derjenigen im Kessel gleich ist. Diese Fälle sind die, wenn die Maschine die Grenze ihrer Kraft, für die Spannung, mit welcher sie wirken soll, erreicht hat, das heiſst, wenn sie die gröſste Last zieht, welche sie mit jener Spannung fortzuschaffen im Stande ist. In der That kann in solchem Falle die Spannung in den Cylindern nicht mehr kleiner sein, als die im Kessel. Denn wäre sie es, so würde durch Verminderung der Geschwindigkeit, welche das einzige Hinderniſs der Herstellung eines Gleichgewichts der Spannung im Kessel und im Cylinder ist, der Dampf Zeit gewinnen, sich im Cylinder zu sammeln, bis seine Spannung so groſs geworden ist, wie im Kessel; dadurch aber würde seine Wirkung vergröſsert werden. Die Maschine würde also eine gröſsere Last ziehen, so wie ihre Geschwindigkeit kleiner wird. So wie dagegen die Spannung

im Cylinder derjenigen im Kessel gleich kommt, findet keine weitere Verminderung der Geschwindigkeit, die eine Vergröſserung der Ladung gestatten könnte, Statt, indem die Vergröſserung der Ladung eine Zunahme der Zugkraft erheischen würde, welche nicht ferner möglich ist. [Es scheint hier, wie folgt, geschlossen zu werden. Gesetzt die Spannung der Dämpfe wäre, in dem Falle, wo die Maschine so viel Last fortzieht, als sie mit einer bestimmten Spannung des Dampfes im Kessel nur immer fortzuziehen vermag, in den Cylindern kleiner als im Kessel: so würde die Geschwindigkeit der Kolben, die sich nach der Spannung des Dampfes im Cylinder richtet und durch dieselbe bestimmt wird, kleiner sein, als sie es sein würde, wenn die Spannung im Cylinder der göſseren im Kessel gleich wäre. Dann aber würde mehr Dampf in die Cylinder zuströmen, als bei verminderter Geschwindigkeit verbraucht wird, weil der Kessel, vermöge der dortigen gröſseren Spannung des Dampfes, mehr Dampf zu senden vermag, als durch die Cylinder entströmen kann. Durch diese Ansammlung des Dampfes aber würde wieder die Spannung desselben im Cylinder zunehmen, und dadurch nun wieder auch die Geschwindigkeit der Kolben wachsen, welches so lange fortgehen würde, bis die möglich-gröſste Geschwindigkeit erreicht worden ist, was dann geschieht, wenn die Spannung des Dampfes im Kessel kein Übergewicht mehr über diejenige in den Cylindern hat, und also beide gleich sind.

Dieses ist offenbar richtig, wenn man annehmen darf, daſs auf dem Wege vom Kessel bis zum Cylinder kein Dampf niedergeschlagen wird. Geschieht aber dieses, so kann auch ein Gleichgewicht zwischen dem Kessel und den Cylindern Statt finden, ohne daſs die beiden Spannungen gleich sind. Denn, gesetzt der Dampf gelangte, in einer von freier, kalter Luft umgebenen langen Röhre vom Kessel nach dem Cylinder, so würde er offenbar in letzterem eine geringere Spannung haben, als im Kessel, obschon gleichwohl für die möglich-gröſste Ladung das Gleichgewicht sich herstellen würde. Man kann also, so scheint es dem Herausgeber, nur schlieſsen, daſs die Spannung des Dampfes im Cylinder, für den Fall der möglich-gröſsten Ladung, in ein bestimmtes, mehr oder weniger unveränderlich bleibendes Verhältniſs zu der Spannung des Dampfes im Kessel treten wird: nicht aber, daſs beide Spannungen nothwendig gleich groſs sind. Wäre die elastische Flüssigkeit eine andere, auf welche die Temperatur keinen, oder doch nur einen geringen Einfluſs hat, z. B.

Luft, statt Dampf, so wäre der Schluſs im Text zuverläſsig richtig. Aber beim Dampf scheint eine Modification Statt finden zu müssen. Der Herausgeber will diese seine Ansicht nicht unbedingt behaupten, sondern bemerkt bloſs, wie es ihm sich zu verhalten scheint. D. H.]

In dem Falle also, wo das Maximum der Ladung erreicht worden, ist die Kraft der Maschine a priori bekannt, und man kann aus derselben, wie oben bemerkt, die Reibung des Dampfwagens finden.

Nehmen wir also an, es sei bei einem Versuche die Grenze der Kraft der Maschine erreicht worden. Der Durchmesser der beiden Kolben sei d, so ist ihre Fläche $\frac{1}{2}\pi d^2$. Die wirksame Spannung des Dampfes im Kessel, so wie sie bei dem Versuche beobachtet worden, sei p auf den Quadratzoll. Alsdann ist, der obigen Bemerkung zufolge, der Druck auf den Kolben $\frac{1}{2}\pi p d^2$.

Der Durchmesser der Räder sei D, der Kolbenhub l. Der Druck auf die Kolben reducirt sich auf den Umfang der Räder im Verhältniſs der Geschwindigkeit des einen und des andern Punctes. Die Kraft am Umfange des Rades, also die Kraft, welche die Maschine fortzieht, ist also:

$$\frac{1}{2}\pi d^2 p . \frac{2l}{\pi D} = \frac{p d^2 l}{D}.$$

[Man muſs hier wieder annehmen, daſs, wenn vorausgesetzt werden soll, die Spannung des Dampfes in den Cylindern sei der im Kessel gleich, nur von einem durchschnittlichen Betrage der Spannung in den Cylindern die Rede sei. Denn, wenn z. B. die Spannung der Dämpfe im Kessel eine gewisse Zeit hindurch unveränderlich stark wäre, so kann sie es in dem Cylinder nicht ebenfalls sein, weil sich die Kolben mit ungleichmäſsiger Geschwindigkeit bewegen und also den Dampf, der mit gleicher Spannung, und also mehr gleichförmiger Geschwindigkeit aus dem Kessel zuströmt, bald aufstauen, (wenn der Ausdruck erlaubt ist,) bald ihm schneller ausweichen werden, als er folgen kann. Es folgt auch daraus wieder, daſs eine dauernde Gleichheit der Spannung der Dämpfe im Kessel und in den Cylindern nicht möglich ist, oder man müſste annehmen, die Spannung der Dämpfe im Kessel wechsele eben so schnell und bedeutend, wie die in den Cylindern, oder wie der Druck auf die Kolben; zu welcher Wirkung aber keine hinreichende Ursach vorhanden zu sein scheint. D. H.]

Andererseits, wenn M das Gewicht der Ladung und n den Widerstands-Coefficienten bezeichnet, so wie er im vorigen Capitel ermittelt

worden ist, drückt nM den Widerstand der Ladung aus. Ist endlich X der Widerstand, den der Dampfwagen findet, so ist

$$nM + X$$

der Widerstand des gesammten Wagenzuges.

Da wir nun sahen, daſs die Kraft der Maschine, sobald ihre Bewegung gleichförmig geworden ist, dem Widerstande gleich sein muſs, so ist

$$\frac{pd^2l}{D} = nM + X,$$

und daraus folgt

$$X = \frac{pd^2l}{D} - nM.$$

Dieser Ausdruck giebt den gesuchten Betrag der Reibung des Dampfwagens. Ist p und M in Pfunden und d, l und D in Zollen oder Fuſsen ausgedrückt worden, so giebt der Ausdruck auch X in Pfunden.

Hier, eben so wie bei den vorigen Versuchen mit frei fahrenden Dampfwagen, kommt der Druck der Atmosphäre nicht in Betracht, und man muſs nicht die gesammte Spannung der Dämpfe, sondern nur ihren Überschuſs über den Druck der Luft in Rechnung bringen, weil, wenn beiderseits nur eine gleiche Kraft weggelassen wird, das Resultat sich nicht ändert.

Die gefundene Formel ist sehr einfach und giebt ohne Schwierigkeit den Widerstand des Dampfwagens, sobald man nur mit demselben die Grenze seiner Kraft erreicht hat. Alles kam also nur darauf an, dazu zu gelangen. [Einfach ist die Formel allerdings; aber gegen ihre Begründung finden, wenigstens theoretisch, wie oben angedeutet, mancherlei Zweifel Statt. D. H.]

Zu dem Ende wurden Versuche angestellt, indem man entweder der Maschine die gröſste Ladung zu ziehen gab, welche sie fortschaffen konnte, oder, für schwächere Ladungen, durch die Federwage den Druck so weit verminderte, als es anging, ohne die Bewegung des Wagenzuges zu verzögern.

Die Versuche wurden auf drei verschiedenen Rampen der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester angestellt; nemlich auf der Sutton-Rampe, von 1 auf 89 Abhang; auf der Whiston-Rampe, von 1 auf 96, und auf dem Chatmoss-Abhange, von 1 auf 1300 Abhang. (Man sehe hierüber auch das 5. Capitel Abschnitt VII. §. 66.) Bei der Schätzung des Widerstandes auf diesen Abhängen kommt natürlich die Wirkung der

Schwere neben der Reibung der Ladung auf den Schienen in Betracht, und der Widerstand des Wagenzuges, mit Ausschluſs desjenigen des Dampfwagens, ist aus der Reibung der Wagen, die, den obigen Resultaten zufolge, 1 auf 280 gesetzt wird, und der Wirkung der Schwere auf die gesammte Masse zusammengesetzt. So ergiebt sich z. B. für einen 40 Tonnen wiegenden Wagenzug, der von einem 10 Tonnen schweren Dampfwagen fortgezogen wird, auf der Sutton-Rampe folgender Widerstand:

40 mal 8 Pfd. Reibung auf die Tonne der Fuhrwerke, thut	320 Pfd.
$\frac{40.2240}{89} = 1006$ Pfd. für die Wirkung der Schwere auf einem Abhange von 1 auf 89, rücksichtlich der Ladung, . . .	1006 —
$\frac{10.2240}{89} = 251{,}6$ Pfd. für die Wirkung der Schwere, rücksichtlich des Dampfwagens	252 —
zusammen	1578 Pfd.

Widerstand, bis auf die Reibung des Dampfwagens. [Nemlich wenn die Maschine den Wagenzug bergauf zieht. D. H.]

Da auf horizontaler Bahn der Widerstand in Allem nur 8 Pfd. auf die Tonne beträgt, so setzt der bergauffahrende Wagenzug, von 50 Tonnen Gewicht, so viel Widerstand entgegen, als ein Gewicht von $\frac{1578}{8} = 197\frac{1}{4}$ Tonnen auf horizontaler Bahn.

Hiernach haben wir bei den folgenden Versuchen gerechnet.

Wir theilen die Resultate einer Menge von Versuchen mit. Und da der durchschnittliche Betrag der Reibung der Wagen in Rechnung kommt, so wird die Rechnung um so genauer sein, je gröſser die Zahl der Wagen ist.

§. 42.

Versuche über die additionelle Reibung der Dampfwagen.

[Bei der Beschreibung dieser Versuche wird wieder durchweg das Englische Maaſs und Gewicht beibehalten und dasselbe nur erst in der Tafel der Resultate reducirt werden. D. H.]

I. Am 22. Juli 1834 zog der *Vulcan*, dessen Cylinder 11 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser haben, dessen Kolbenhub 16 Z. beträgt, und der 8,34 Tonnen wiegt, einen Zug von 9 Bahnwagen erster Classe, worunter die Postkutsche und zwei leere Bahnkarren (*trucks*) waren, zusammen 39,07 Tonnen an Gewicht, die Sutton-Rampe herauf.

Die Geschwindigkeit bei der Ankunft an der Rampe betrug 26,6 Meilen in der Stunde, setzte sich für die erste Hälfte der Rampe auf 20 Meilen, nahm dann bis auf 11,42 Meilen im Durchschnitt ab, und auf die letzte Viertelmeile der Rampe, die ein wenig steiler ist, bis auf 7,5 Meilen in der Stunde.

Die Federwage der Maschine, bei der Abfahrt auf 31 gestellt, zeigte 36, was einen Druck von 57,5 Pfd. auf den Quadratzoll an der Quecksilberwage anzeigt.

Dieses giebt, zufolge der Verhältnisse der Maschinentheile, Folgendes.

190 Quadr.-Z. Querschnitt der beiden Cylinder, multiplicirt mit 57,5 Pfd. Spannung des Dampfes im Kessel, oder auf die Kolben, giebt 10 925 Pfd. Druck auf die Kolben, welches auf die Geschwindigkeit des Rad-Umfanges, die 5,887 mal geringer ist, reducirt, $\frac{10925}{5,887} = 1856$ Pfd. Zugkraft ausmacht.

Andrerseits beträgt der Widerstand der Fuhrwerke, zu 8 Pfd. auf die Tonne gerechnet, $39,07 . 8 = 313$ Pfd. Ferner an Widerstand der Schwere, auf dem 1 auf 89 betragenden Abhange, für 47,37 Tonnen Last, $\frac{47,41 . 2240}{89} = 1193$ Pfd. Zusammen also beträgt der Widerstand $313 + 1193 = 1506$ Pfd.

Es bleiben also, von 1856 Pfd. Zugkraft der Maschine, 1506 Pfd. Widerstand, welches dem von $188\frac{1}{4}$ Tonnen Last auf horizontaler Bahn gleich kommt, abgezogen, 350 Pfd. für den Widerstand des Dampfwagens übrig.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit auf der Rampe betrug, wie gesagt, 11,42 Meilen, und diejenige am höchsten Puncte der Rampe 7,5 Meilen in der Stunde.

Wir werden bei allen Versuchen diese zwei Geschwindigkeiten besonders angeben, weil von der grofsen Geschwindigkeit des Zuges bei der Ankunft an der Rampe möglichst die der Bewegung eigenthümliche Geschwindigkeit abzusondern ist. Nähme man 11,42 Meilen an, so würde dies etwas zu viel sein, weil es mit der Anfangs-Geschwindigkeit verbunden wäre; hingegen 7,5 Meilen zu wenig, weil die letzte Viertelmeile der Rampe steiler als 1 auf 89 ist, auf welchen Abhang sich unsere Rechnung gründet.

Man nennt Wagen erster Classe diejenigen, welche **Reisende** transportiren und welche von Liverpool bis Manchester gehen, **ohne** an-

zuhalten. Diese Wagen werden nie gewogen. Für die Versuche haben wir ihr Gewicht durchschnittlich zu 4,73 Tonnen und das Gewicht der Postkutsche zu 3,44 Tonnen gerechnet. Der Munitionswagen ist zu 5 bis $5\frac{1}{2}$ Tonnen angenommen, je nachdem er noch bei dem Versuche Kohlen und Wasser enthielt. Das Gewicht der Lastwagen ist genau gewogen und danach in Tonnen und Decimaltheilen von Tonnen angegeben.

II. Am 22. Juli 1834 erstieg der nemliche Dampfwagen, der *Vulcan*, die Whiston-Rampe, mit einem Zuge von 9 Bahnwagen erster Classe, unter welchen der Postwagen und 2 beladene Bahnkarren waren. Das Gewicht des ganzen Zuges, mit Einschlufs des Munitionswagens, betrug 41,32 Tonnen. Die Geschwindigkeit blieb während der Fahrt gleichförmig 18,75 Meilen in der Stunde und nahm blofs auf der letzten Viertelmeile bis auf 12 Meilen ab. Die auf 31 gestellte Wage zeigte 36, also 57,5 Pfd. Spannung des Dampfes im Kessel auf 1 Quadr.-Z.

Dieser Versuch ergiebt 1856 Pfd. Kraft, und davon 1489 Pfd. Widerstand, der dem von 186 Tonnen Gewicht auf horizontaler Bahn gleich ist, abgezogen, 367 Pfd. Reibung des Dampfwagens.

III. Am 23. Juli 1834 fuhr der *Atlas* mit einem Zuge von 40 Wagen, welche genau 190 und mit dem Munitionswagen zusammen 195,5 Tonnen wogen, von Liverpool ab. Die Cylinder der Maschine haben 12 Zoll, die Räder 5 F. im Durchmesser, der Kolbenhub beträgt 16 Z., das Gewicht des Dampfwagens 11,40 Tonnen; die Wage war bei der Abfahrt auf 50 Pfd. gestellt.

Bei der Abfahrt waren zwei andere Maschinen zur Hülfe nöthig. An der Whiston-Rampe wurde der Zug noch durch 4 Maschinen bewegt, von welchen zwei, der *Ajax* und das *Experiment*, vorne und der *Sun* und der *Goliath* hinten wirkten. So, durch 5 Dampfwagen getrieben, gelangte der Zug oben an, ohne einen Augenblick Verzug und, einmal oben, übernahm der *Atlas* den weiteren Zug allein.

Bei dem Chatmoss-Abhang angelangt, erstieg die Maschine denselben, mit dem ganzen Zuge, ohne Hülfe, auf $5\frac{1}{2}$ Meilen lang. Indessen hatte zuletzt die Geschwindigkeit bedeutend abgenommen. Die ersten 6 Viertelmeilen wurden mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit von 15 Meilen in der Stunde zurückgelegt; die Wage zeigte 51, was nach der Quecksilberwage 54 Pfd. giebt. Auf den folgenden 4 Viertelmeilen war die Geschwindigkeit, unter der nemlichen Spannung, 10 Meilen in der Stunde.

Hier kam auf eine halbe Meile ein etwas steilerer Abhang. Die Geschwindigkeit nahm auf demselben schneller ab. Auf die erste Viertelmeile verminderte sie sich von 10 auf 6 Meilen, auf die zweite Viertelmeile auf $3\frac{1}{2}$ Meile und nahm noch weiter ab, bis zum Ende des Abhanges. In dem Verhältnisse, wie die Geschwindigkeit abnahm, stieg die Spannung; zuerst auf $51\frac{1}{2}$, dann auf 52 an der Wage, wo sie stehen blieb. Der correspondirende Druck an der Quecksilberwage beträgt 55 Pfd. Nachdem das Hindernifs überstiegen war, nahm die Geschwindigkeit wieder auf $4\frac{1}{2}$ Meilen, dann bis auf $7\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde zu, und setzte sich hierauf wieder, für den Rest des Abhanges, auf ihr gewöhnliches Maafs von 15 Meilen in der Stunde. Zugleich nahm der Druck an der Wage bis auf 51, oder 54 an der Quecksilberwage, ab.

Bei einem zweiten, kurzen Hindernifs unweit der Brücke über den Bridgewater-Canal zeigten sich ähnliche Erscheinungen. Die Geschwindigkeit nahm wieder bis auf $3\frac{1}{2}$ Meilen ab und die Spannung bis auf 52 an der Wage zu.

Der Abhang am Katzensumpf (Chatmoss) beträgt anfangs 1 auf 660, weiterhin aber, über dem Sumpfe, viel weniger. Durchschnittlich beträgt der Abhang nicht mehr als 1 auf 1300, und die schwierige Stelle ist blofs $\frac{1}{2}$ Meile (214 Ruthen Pr.) lang. Wenn eine Masse von 200 T. (3942 Ctr. Pr.) mit einer Geschwindigkeit von 15 Meilen in der Stunde ($21\frac{1}{2}$ F. Pr. in der Secunde) in Bewegung und folglich ein so bedeutendes Moment der Kraft vorhanden ist, so kann ein mäfsiger Abhang, von blofs einer halben Meile lang, nicht den ersten Stofs gänzlich zerstören. Da die Maschine nicht im Stande gewesen war, während der Fahrt über das Hindernifs eine gleichförmige Geschwindigkeit zu erlangen, sondern vielmehr bis zum letzten Augenblick immerfort an Geschwindigkeit verlor: so zeigte sich, dafs das Hindernifs für die Kraft der Maschine zu stark war. Im Ganzen aber zeigte sich auf die $5\frac{1}{2}$ Meilen, dafs einen durchschnittlichen Abhang von 1 auf 1300 mit einer Spannung von 55 Pfd. auf den Quadratzoll zu ersteigen noch innerhalb der Grenzen ihrer Kraft lag.

Da bei diesem Versuch einige Zweifel über die Verhältnisse der Theile des *Atlas* entstanden, mafsen wir dieselben wenige Tage nachher, am 8. August 1834, als die Maschine reparirt wurde, wiederholt, und fanden die frühere Angabe derselben völlig genau. Der Durchmesser der Cylinder ist 12 Z.; der Kolbenhub, an den Kurbeln der Achse gemessen,

als dieselbe von dem Wagen abgenommen war, beträgt 16 Z.; der Durchmesser der Räder 5 F., da wo sie auf den Schienen laufen. Näher an dem Spurkranz (*flange*) ist der Durchmesser $\frac{3}{8}$ Z. gröſser und an der abgeschrägten Seite (*at the basiled part*) $\frac{3}{8}$ Z. kleiner.

Der Versuch auf dem Katzensumpfe giebt Folgendes:

211 Pfd. Kraft der Maschine und
2226 Pfd. Widerstand der Ladung auf einem Abhange von 1 auf 660:

also 155 Pfd. fehlende Kraft.

Der Widerstand überstieg also die Kraft. Daher war es unmöglich, daſs die Maschine zu einer gleichförmigen Geschwindigkeit gelangen konnte, so lange sie sich über das Hinderniſs hin bewegte. Sie muſste nothwendig immerfort an Geschwindigkeit verlieren, und würde zuletzt stehen geblieben sein, wenn der Abhang länger gewesen wäre.

Rechnet man dagegen auf den durchschnittlichen Abhang von 1 auf 1300, so finden sich

2111 Pfd. Kraft und
1921 Pfd. Widerstand des Wagenzuges, der dem von 240 Tonnen auf horizontaler Bahn entspricht:

also 190 Pfd. Reibung der Maschine.

Durchschnittlich betrug die Geschwindigkeit 8 Meilen in der Stunde, die geringste Geschwindigkeit $3\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde.

IV. Als die nemliche Maschine, an demselben Tage, über das Rainhill-Plateau fuhr, wo die Eisenbahn horizontal liegt, erreichte sie eine gleichförmige Geschwindigkeit von 9,23 Meilen in der Stunde. Die auf 50 gestellte Wage zeigte 50,5; was nach der Quecksilberwage 53,5 wirksamen Druck ausmacht. Dieses giebt

2054 Pfd. Kraft und
1564 Pfd. Widerstand der Last, entsprechend dem von $195\frac{1}{2}$ Tonnen auf horizontaler Bahn:

bleiben 490 Pfd. Reibung der Maschine

V. Am 23. Juli 1834 erstieg wiederum der *Atlas* die Sutton-Rampe mit einem Theile seines Zuges, bestehend aus 8 Wagen, 33,9, und mit dem Munitionswagen 39,4 Tonnen schwer. Die Wage war auf 50 gestellt und zeigte 52, oder 55 Pfd. wirksamen Druck. Die Geschwindigkeit betrug 6 Meilen in der Stunde. Dieses giebt:

2111 Pfd. Kraft und

1594 Pfd. Widerstand, entsprechend 199¾ Tonnen Last auf horizontaler Bahn:

bleiben 517 Pfd. für die Reibung der Maschine.

VI. Am 4. Juli 1834 zog die *Fury*, deren Cylinder 11 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser haben, deren Kolbenhub 16 Z. und deren Gewicht 8,2 Tonnen beträgt, einen Zug von 10 Wagen, 51,16 Tonnen, und mit dem Munitionswagen 56,16 Tonnen schwer, die Whiston-Rampe hinauf. Die Wage war auf 32 gestellt und zeigte 35, welches einem Drucke von 65½ Pfd. auf den Quadr.-Z. im Kessel nach der Quecksilberwage entspricht. Die Geschwindigkeit betrug im Durchschnitte 6,31 Meilen in der Stunde, auf dem Gipfel der Rampe aber nur noch 3,33 Meilen.

2114 Pfd. Kraft;

1951 Pfd. Widerstand, einem Gewichte von 244 Tonnen auf horizontaler Bahn entsprechend;

läſst 163 Pfd. Reibung der Maschine.

VII. Am 24. Juli 1834 zog die nemliche Maschine, die *Fury*, auf die Sutton-Rampe hinauf einen Zug von 10 Waggons, 43,8 und mit dem Munitionswagen 48,8 Tonnen an Gewicht. Die Wage war auf 32 gestellt und zeigte 36, also eine wirksame Spannung von 67 Pfd. Die Geschwindigkeit betrug 15 Meilen in der Stunde. Die Maschine zog den Zug sichtbar leicht.

2162 Pfd. Kraft;

1825 Pfd. Widerstand, entsprechend einem Gewichte von 228 Tonnen auf horizontaler Bahn;

bleibt 337 Pfd. für die Reibung der Maschine.

VIII. Am 31. Juli 1834 vermochte der *Atlas*, dessen Maaſse schon angegeben sind, nicht, die Whiston-Rampe mit 14 Waggons, 61,65 und mit dem Munitionswagen 67,15 T. an Gewicht, zu ersteigen, obgleich die Wage, die bei der Abfahrt auf 57 gestellt worden war, 60 zeigte und also eine wirksame Spannung von 63 Pfd. auf den Quadr.-Z. im Kessel angab.

2419 Pfd. Kraft;

2370 Pfd. Widerstand, gleich dem eines Gewichts von 296¼ Tonnen auf horizontaler Bahn:

Überschuſs 39 Pfd. der Kraft über den Widerstand, der aber nicht zureichend war, die Reibung der Maschine zu überwinden.

IX. Am 31. Juli vermochte der nemliche Dampfwagen, der *Atlas,* nicht, die Sutton-Rampe mit 8 beladenen und 4 leeren Fuhrwerken, zusammen 35,15 und mit dem Munitionswagen 40,15 Tonnen wiegend, zu ersteigen. Die Wage war absichtlich bei der Abfahrt bis auf 40 gelüftet worden und zeigte $42\frac{1}{2}$, also einen wirksamen Druck von 46 Pfd. auf den Quadratzoll an der Quecksilberwage. Die Geschwindigkeit von 20 Meilen in der Stunde, mit welcher der Zug am Fuſse des Abhanges ankam, nahm, unmittelbar in der ersten Viertelmeile, bis auf $7\frac{1}{2}$ Meilen ab; auf der zweiten Viertelmeile betrug sie nur noch $4\frac{1}{4}$ Meilen, auf der dritten $2\frac{1}{4}$ Meilen und zuletzt stand die Maschine still.

1766 Pfd. Kraft;

1619 Pfd. Widerstand, für $202\frac{1}{3}$ Tonnen Gewicht auf horizontaler Bahn;

bleiben 147 Pfd. Überschuſs der Kraft über den Widerstand, der, wie wir sahen, nicht hinreichte, die Reibung der Maschine zu überwinden. Wir haben aber gefunden, daſs ihre Reibung, wenn sie ohne Ladung fährt, 152 Pfd. beträgt.

X. Um den vorigen Versuch zu beschlieſsen, wurde, in dem Augenblick als die Maschine still gestanden war, die Wage auf 45 angeschraubt. Sie zeigte $47\frac{1}{2}$, oder 51 Pfd. wirksamen Druck an der Quecksilberwage. Mit diesem Drucke gewann die Maschine allmälig wieder eine Geschwindigkeit von $7\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde, mit welcher sie auch den Gipfel der Anhöhe erreichte.

1958 Pfd. Kraft;

1619 Pfd. Widerstand, für $202\frac{1}{3}$ Tonnen Gewicht auf horizontaler Bahn:

bleiben 339 Pfd. Reibung der Maschine.

XI. Am 1. August 1834 zog die *Vesta* 10 Waggons, 43,72 Tonnen und mit dem Munitionswagen 49,22 Tonnen an Gewicht, die Whiston-Rampe hinauf, bis 60 Yards vom Gipfel. Die Cylinder der Maschine hatten ursprünglich 11 Z. im Durchmesser gehabt, waren aber bei einer Reparatur bis auf $11\frac{1}{8}$ Zoll ausgebohrt worden. Der Durchmesser der Räder des Dampfwagens betrug 5 F., der Kolbenhub 16 Z. und das Gewicht des Wagens 8,71 Tonnen. 60 Yards vom Gipfel war die Maschine im Begriffe still zu stehen, und mehrere Arbeiter muſsten mit Anstrengung in die Räder greifen, um sie bis zum Gipfel zu bringen. Die Wage war auf $20\frac{1}{2}$ gestellt, zeigte $23\frac{1}{2}$ und für die Quecksilberwage einen wirksamen Druck von 58 Pfd. auf den Quadratzoll. Die Geschwindigkeit von 20 Mei-

len in der Stunde, auf die vier ersten Viertelmeilen, nahm in der 5ten Viertelmeile bis auf 10 Meilen und in der 6ten bis auf 6 Meilen ab. Hierauf verlor sich die Bewegung ganz, als der Zug bei dem steileren Theile gegen den Gipfel zu anlangte. Diese steilere Stelle hätte aber ebenfalls zurückgelegt werden müssen, wenn man hätte wollen sagen können, die Maschine habe die ganze Rampe erstiegen; denn der durchschnittliche Abhang von 1 auf 96 begreift die steile Stelle mit in sich; und wollte man sie ausschliefsen, so würde das Gefälle der Rampe geringer angeschlagen werden müssen. Die Ladung war also für diese Spannung des Dampfes in der Maschine zu stark.

1915 Pfd. Kraft;

1746 Pfd. Widerstand, entsprechend einem Gewichte von $218\frac{1}{2}$ Tonnen auf horizontaler Bahn:

bleiben 169 Pfd. Überschufs der Kraft über den Widerstand, der nicht hinreichte, die Reibung der Maschine zu überwinden. Wir haben gesehen, dafs die Reibung dieses Dampfwagens, wenn er keine Last zieht, 187 Pfd. beträgt.

XII. Am 4. August 1834 vermochte der *Atlas*, dessen Mafse schon angegeben sind, nicht, einen Zug von 9 beladenen und 7 leeren Waggons, die zusammen 38,76 und mit dem Munitionswagen 44,26 Tonnen wogen, die Sutton-Rampe zu ersteigen. Die Wage war auf 55 gestellt, zeigte $57\frac{1}{2}$ und also einen wirksamen Druck von $60\frac{1}{2}$ Pfd. auf den Quadratzoll des Kessels. Diese Spannung war nicht hinreichend, und die Maschine im Begriff, stehen zu bleiben.

2323 Pfd. Kraft;

1755 Pfd. Widerstand, entsprechend einem Gewichte von $219\frac{1}{2}$ Tonnen auf horizontaler Bahn:

thut 568 Pfd. Überschufs der Kraft über den Widerstand, der also unzulänglich war, die Reibung der Maschine zu überwinden.

Dieser und der folgende Versuch geben die Reibung der Maschine, und zwar ziemlich einstimmig, sehr hoch an, nemlich auf 568 und 616 Pfd. Aber, verglichen mit dem Versuche No. XI., weiter oben, über die Bewegung der Dampfwagen ohne Ladung, ist zu bemerken, dafs die Maschine, zur Zeit, als diese zwei Versuche angestellt wurden, kürzlich reparirt worden war und noch nicht gehörig arbeitete. Am 1. August betrug der Widerstand der Maschine, ohne Ladung, 194 Pfd., statt der frü-

heren 152, was man damals dem Umstande zuschrieb, daſs die Kuppelstangen nicht gut paſsten. Aber der Fehler scheint tiefer gelegen und zugenommen zu haben; denn am 7. August brach die Achse der Maschine.

XIII. Zum Beschlusse der vorigen Versuche wurde, in dem Augenblick als die Maschiene still stehen wollte, der Druck durch die Feder auf $58\frac{3}{4}$ erhöht, und betrug nun $61\frac{3}{4}$ Pfd. wirksamen Druck im Kessel auf den Quadratzoll. Mit dieser Spannung gelangte die Maschine auf den Gipfel der Rampe mit einer Geschwindigkeit von 3,75 Meilen in der Stunde.

2371 Pfd. Kraft;

1755 Pfd. Widerstand, entsprechend einer Last von $219\frac{1}{3}$ Tonnen auf horizontaler Bahn:

bleiben 616 Pfd. für die Reibung der Maschine.

XIV. Am 4. August 1834 zog die *Fury* einen Zug von 8 Wagen erster Classe, unter welchen ein leerer Bahnkarren war, zusammen 32,97 Tonnen, und mit dem Munitionswagen 37,97 Tonnen an Gewicht, die Sutton-Rampe hinauf. Die Cylinder der Maschine haben 11 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser; der Kolbenhub beträgt 16 Z. und das Gewicht des Dampfwagens 8,2 Tonnen. Die Wage war absichtlich bis auf 33, also bis auf 55 Pfd. an der Quecksilberwage gelüftet worden. Die Geschwindigkeit betrug im Durchschnitte 13,33 Meilen; die geringste Geschwindigkeit am Gipfel der Rampe war 10 Meilen in der Stunde.

1775 Pfd. Kraft;

1466 Pfd. Widerstand, entsprechend dem von $183\frac{1}{4}$ Tonnen auf horizontaler Bahn;

läſst 309 Pfd. für die Reibung der Maschine.

XV. Am 15. August zog der *Leeds* 7 Waggons, 29,65 Tonnen, und mit dem Munitionswagen 35,15 Tonnen an Gewicht, die Sutton-Rampe hinauf. Die Cylinder der Maschine haben 11 Z., die Räder 5 F. im Durchmesser; der Kolbenhub beträgt 16 Z., das Gewicht des Wagens 7,07 Tonnen. Die Wage war absichtlich bis auf 29 gelüftet worden und zeigte also 48,5 Pfd. Spannung an. Die Geschwindigkeit von 15 Meilen, auf die erste Meile der Rampe, nahm auf die nächste Viertelmeile bis auf 10 Meilen ab, und bis auf 6,6 Meilen für die letzte Viertelmeile am Gipfel. Im Durchschnitte betrug die Geschwindigkeit 10 Meilen.

1565 Pfd. Kraft;

1344 Pfd. Widerstand, entsprechend dem einer Last von 168 Tonnen auf horizontaler Bahn:

bleibt 221 Pfd. Widerstand der Maschine.

XVI. Am 16. August 1834, des Morgens, zog die *Vesta,* deren Maafse schon angegeben sind, einen Zug von 7 beladenen Wagen, zusammen 34,43 Tonnen nnd mit dem Munitionswagen 39,93 Tonnen an Gewicht, die Sutton-Rampe hinauf. Das Ventil war auf 20 gestellt, und blies bei $23\frac{1}{4}$, welches einen wirksamen Druck an der Quecksilberwage von 57,25 Pfd. anzeigte. Die Geschwindigkeit am Gipfel war 2,5 Meilen. Die Maschine hatte sich von der Ruhe an die Rampe hinauf in Bewegung gesetzt.

1891 Pfd. Kraft;

1543 Pfd. Widerstand, entsprechend einem Gewichte von 193 Tonnen auf horizontaler Bahn:

bleiben 348 Pfd. für die Reibung der Maschine.

XVII. Am 16. August 1834, des Morgens, zog die nemliche Maschine 8 Wagen, 31,95 Tonnen, und mit dem Munitionswagen 37,45 Tonnen schwer die Sutton-Rampe hinauf. Die Wage war auf 20 gestellt und zeigte $23\frac{1}{2}$, also 58 Pfd. auf den Quadratzoll im Kessel wirksamen Druck. Die geringste Geschwindigkeit oben am Gipfel des Abhanges betrug 3,25 Meilen.

1915 Pfd. Kraft;

1462 Pfd. Widerstand, dem eines Gewichtes von $182\frac{3}{4}$ Tonnen auf horizontaler Bahn gleich;

läfst 453 Pfd. für die Reibung der Maschine.

XVIII. Am 16. August, des Abends, zog die nemliche Maschine, die *Vesta,* 8 beladene Wagen 27,5 Tonnen und 4 leere Wagen, 7 Tonnen, und der ganze Zug mit dem Munitionswagen 39,05 Tonnen schwer, die Sutton-Rampe hinauf. Die Wage war auf 20 gestellt, zeigte 23 und 56,5 Pfd. wirksamen Druck. Die Geschwindigkeit an dem schwierigsten Puncte der Rampe betrug 17 volle Kolbenhube in der Minute oder 3 Meilen in der Stunde.

1866 Pfd. Kraft;

1514 Pfd. Widerstand, dem von 189 Tonnen Last auf horizontaler Bahn gleich;

läfst 352 Pfd. für die Reibung der Maschine.

§. 43.

Uebersicht der Resultate der Versuche über die additionelle Reibung der Dampfwagen.

Nehmen wir von den im vorigen Paragraph beschriebenen Versuchen diejenigen zusammen, welche Resultate gaben, so erhalten wir folgende Tafel. Wir haben in derselben nur diejenigen Versuche aufgenommen, bei welchen die Geschwindigkeit nicht beträchtlich war. Denn je geringer die Geschwindigkeit ist: je näher erfüllt der Fall die Bedingung, daſs die gröſste Last fortgeschafft werden soll, welche die Maschine zu ziehen im Stande ist.

Tafel der Reibung Lasten ziehender Dampfwagen, nach Preuſs. Maaſs und Gewichte.

Der Durchmesser der Cylinder ist beim *Vulcan*, der *Fury* und dem *Leeds* 10 Z. 8,2 L., bei der *Vesta* 10 Z. 9,6 L. und bei dem *Atlas* 11 Z. 7,8 L.

Der Durchmesser der Räder sämmtlicher Maschinen ist 4 F. 10 Z. 3,2 L.

Der Kolbenhub beträgt bei sämmtlichen Maschinen 15 Z. 6,5 L.

Bei dem Versuche No. XIII. klemmte sich die Kuppelstange.

Nummer des Versuchs.	Datum.	Name des Dampfwagens.	Gewicht des Dampfwagens.	Reibung desselben ohne Ladung.	Wirksame Spannung der Dämpfe.	Geschwindigkeit bei den Versuchen.	Gewicht auf horizontaler Bahn.	Reibung des Dampfwagens.
	1834.		Ctr.	Pfd.	Pfd. auf den Quadratzoll.	F. in der Secunde.	Ctr.	Pfd.
I.	22. Juli.	*Vulcan.*	164,38	131,63	59,01	10,68	3705,55	338,77
II.	22. Juli.	*Vulcan.*	164,38	131,63	59,01	17,09	3666,13	355,23
VI.	24. Juli.	*Fury.*	161,63	105,50	67,22	4,74	4809,32	157,77
XIV.	4. August.	*Fury.*	161,63	105,50	56,45	14,24	3607,00	299,09
XV.	15. August.	*Leeds.*	139,35	104,53	49,78	9,40	3311,34	213,91
XVI.	16. August.	*Vesta.*	171,68	181,00	58,76	3,56	3804,10	336,84
XVII.	16. August.	*Vesta.*	171,68	181,00	59,52	4,63	3607,00	438,47
XVIII.	16. August.	*Vesta.*	171,68	181,00	57,99	4,27	3744,97	340,71
III.	23. Juli.	*Atlas.*	224,70	147,13	56,45	4,99	4730,48	183,91
IV.	23. Juli.	*Atlas.*	224,70	147,13	54,91	13,10	3863,23	474,28
V.	23. Juli.	*Atlas.*	224,70	147,13	56,45	8,55	3922,36	500,41
X.	31. Juli.	*Atlas.*	224,70	147,13	52,34	10,68	3981,50	328,13
XIII.	4. August.	*Atlas.*	224,70	187,77	63,37	5,34	4216,56	596,24
			Im Durchschnitte	146,16		Im Durchschnitte	3942,07	350,39

Im Durchschnitt also verursacht eine Ladung von 3942 Ctr., auf horizontaler Bahn, eine additionelle Reibung in der Dampfmaschine, über ihren eignen Widerstand hinaus, von 350,39 — 146,16 = 204,23 Pfd., welches

1,65 Loth auf den Ctr.

ausmacht.

§. 44.

Fernere Erörterungen über die vorigen Versuche.

Die Reibung der Dampfwagen muſs mit der Ladung, die sie ziehen, zunehmen. Denn es ist ein, an der einfachen Maschine, dem Hebel, der Rolle, dem Haspel, leicht zu verificirendes statisches Princip, daſs, wenn zwei Kräfte im Gleichgewichte sein sollen, die Achse, oder die Ebene, oder der Ruhepunct, von der Summe der beiden Kräfte gepreſst wird. Es verhält sich also der Druck auf den Ruhepunct, wie die resultirende Kraft. Eine Maschine in Bewegung tritt in den Fall des Gleichgewichts, und die Kraft muſs gerade dem Widerstande gleich sein, sobald die Bewegung gleichförmig geworden ist. Dann also steht auch der Druck auf die Ruhepuncte in dem Verhältnisse der an der Maschine das Gleichgewicht sich haltenden Kräfte. Mithin auch der Reibung, die sich wie der Druck verhält.

Dieses ist nun anwendbar auf die Reibung aller Gelenke des Dampfwagens, und folglich auf den gesammten Widerstand desselben, der nichts anderes ist, als die Summe aller der einzelnen Reibungen.

Die Zunahme des Widerstandes muſs sich also wie die Ladung verhalten; und dieses muſs die Rechnung ergeben. Es ist hinreichend, daſs die Maschine wirklich die Grenze ihrer Kraft für eine bestimmte Spannung der Dämpfe erreicht hat, das heiſst, daſs sie die gröſste Last zieht, welche sie mit dieser Spannung fortzuschaffen im Stande ist. In den Fällen, wo die Geschwindigkeit der Maschine bis auf 3 oder 4 F. in der Secunde abgenommen hatte, war dieser Fall wirklich erreicht; denn die Maschine war im Begriffe, stehen zu bleiben. Wir werden indessen sehen, daſs man selbst dann, wenn die Geschwindigkeit nicht über 16 F. in der Secunde betrug, noch berechtigt ist, die Spannung der Dämpfe in den Cylindern der in dem Kessel gleich zu setzen.

In der That: wenn der Dampf eine gewisse Spannung im Kessel erlangt hat, würde derselbe, durch eine enge Röhre nach den Cylindern gelangend, und sich dort unmittelbar ausdehnend, im Falle der Kolben unbeweglich wäre, sehr schnell die nemliche Spannung annehmen, die er im Kessel hat. Nun aber setzt der Kolben dem Dampfe nur einen begrenzten, von der Ladung abhängenden Widerstand entgegegen, z. B. von 40 Pfd. auf den Quadratzoll, und weicht aus, sobald der Dampf im Cylinder diese Spannung erreicht hat. Ein Kolben, durch 40 Pfd. auf den Quadratzoll gepreſst, ist aber einem mit 40 Pfd. auf den Quadratzoll

beladenen Ventile zu vergleichen. Wäre die Verbindung zwischen dem Kessel und dem Cylinder ganz frei, ohne Röhre oder sonstigen engen Durchgang, so wird der Kolben ein wahres Ventil für den Kessel sein; und da nun dieses Ventil eher weicht, als das Sicherheitsventil, welches erst einem Drucke von 50 Pfd. auf den Quadratzoll nachgiebt, so würde die Spannung der Dämpfe im Kessel gar nicht höher steigen können, als bis zu 40 Pfd. Da indessen der Durchgang enge ist, so ist freilich der Kolben kein Ventil für den Kessel, aber er ist eines für den Cylinder.

Hieraus folgt dreierlei. Erstlich, daſs die Spannung im Cylinder genau dem Druck auf die Kolben gleich ist. Zweitens, daſs zwar, weil der Kolben dem Drucke des Dampfes nachgiebt, und ihm ausweicht, die Spannung des Dampfes nicht höher steigen kann, noch so hoch, als im Kessel: daſs aber, wenn der Kolben auf irgend eine Weise unbeweglich gemacht würde, oder wenn er wenigstens nicht schneller auswiche, als der Dampf erzeugt wird: daſs dann das Gleichgewicht der Spannung im Kessel und Cylinder unmittelbar würde hergestellt werden. Drittens, daſs, wenn in der Dampfröhre die Geschwindigkeit des Dampfstromes gröſser ist, als die der Erzeugung des Dampfes im Kessel: daſs dies von der geringeren Spannung des Dampfes im Cylinder herrührt, wegen welcher der Dampf im Kessel strebt, sich mit demjenigen im Cylinder ins Gleichgewicht zu setzen; denn sonst könnte der Strom in der Dampfröhre bloſs der Erzeugung des Dampfes entsprechen.

Hieraus folgt, daſs der wirksame Druck auf die Kolben demjenigen im Kessel gleich gesetzt werden darf, sobald die Geschwindigkeit des Kolbens die der Erzeugung des Dampfes erreicht hat. Da wir bald durch Versuche erfahren werden, wie groſs die Masse von Dampf, mit der Spannung im Kessel, ist, welche die Maschine in einem bestimmten Zeitraum erzeugt: so wird sich berechnen lassen, wie viel Cylinder voll Dampf von dieser Spannung die Maschine in einer Minute liefern kann, und welche Geschwindigkeit also dem, was wir die volle Spannung im Cylinder nennen, entspricht. Wir werden auf diese Weise sehen, daſs die Geschwindigkeit für die Maschinen, mit welchen wir experimentirten, wenigstens 16 F. in der Secunde beträgt. Wir dürfen also annehmen, daſs jedesmal, wenn die Geschwindigkeit nicht mehr betrug, die Spannung in den Cylindern der im Kessel gleich war, und daſs wir also, wenn wir danach rechneten, das rechte Maaſs der Kraft der Maschine fanden.

[Da hier nicht auf den Niederschlag der Dämpfe, der in gröſserer oder geringerer Masse auf dem Wege vom Kessel nach den Cylindern Statt finden kann, Rücksicht genommen wird, so scheint der Druck auf die Kolben, und folglich die Kraft der Maschine, für eine bestimmte Spannung der Dämpfe im Kessel, zu hoch angeschlagen, und also die Reibung der Maschine, nach der obigen Rechnungsart, die auſserdem keine besondere Sicherheit der Resultate zu gewähren scheint, zu groſs; was freilich für die Praxis gerade keine Gefahr hat. Der Gegenstand ist noch so neu, und dabei so verwickelt und schwierig zu erforschen, daſs noch fernere Versuche, auch noch auf andere Weise, und möglichst direct angestellt, zu wünschen sind. Nur aber directe Versuche, und keinesweges etwa Rechnungen, von abstracten Principien ausgehend, dürften fernere, sichere Daten gewähren können. D. H.]

Fünftes Capitel.
Allgemeine Theorie der Bewegung der Dampfwagen.

Abschnitt I.
Von der Geschwindigkeit der Kolben.

§. 45.

Man pflegt beim Berechnen der Wirkung der Dampfmaschinen, das heiſst der Bewegung der Kolben gegen einen bestimmten Widerstand, bei zwei Daten stehen zu bleiben: bei der Spannung des Dampfes im Kessel, und bei dem Widerstande der Ladung gegen den Kolben, die erste als die Kraft der Maschine, den anderen als die von ihr zu überwindende Last betrachtend.

Dieses Verfahren scheint zwar beim ersten Anblick richtig zu sein und alles Nöthige zu berücksichtigen; aber man wird einen Irrthum bemerken, sobald man die gefundenen Resultate auf Versuche anwendet und dann Abweichungen von der Wirklichkeit sieht.

Besonders wenn man die Resultate auf fortrückende Dampfmaschinen oder Dampfwagen anwendet, um die Ladung zu finden, die sie mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortzuschaffen vermögen, wird sich zeigen, daſs sie etwas Widersprechendes geben.

Die Ursach davon liegt darin, daſs nicht die Spannung des Dampfes im Kessel allein die Kraft der Maschine bestimmt. Sie bestimmt solche Kraft nur für diesen oder jenen Zeitmoment. Die Bestimmung ist richtig und ausreichend, wenn es, für den Fall des Gleichgewichts, auf die Vergleichung der Kraft mit der Last in diesem oder jenem Moment ankommt, aber nicht für die fortdauernde, veränderliche Bewegung, wie in anderen Fällen bei den Maschinen. Beim Gleichgewicht wird die Kraft durch die Masse bestimmt, auf welche sie wirkt; aber bei der Bewegung kommt es auch noch auf die der Masse beigebrachte Geschwindigkeit an. Mit andern Worten: die Kraft wird ausgedrückt durch ihre eigene Intensität und die Geschwindigkeit, mit welcher sie diese Intensität aufrecht zu erhalten vermag. So ist es auch hier. Die Dampfspannung im Kessel giebt die Ladung, welcher sie das Gleichgewicht hält: aber die Geschwindigkeit der Dampf-Erzeugung giebt die Bewegung, welche die Maschine der Masse der Ladung beizubringen vermag.

In der That ist es klar, daſs die Kraft der Maschine zugleich auf der gröſsern oder geringern Menge des erzeugten Dampfs und auf dessen Spannung beruht. Die Wirkung der Maschine hängt also einerseits von der Menge des Wassers ab, welches sie in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Minute, in Dampf zu verwandeln vermag, und welche Wassermenge die Dampf-Erzeugungskraft der Maschine bestimmt, und anderntheils von der Spannung des erzeugten Dampfes.

Die Spannung des Dampfes bestimmt also die Intensität der Kraft bloſs in dem Augenblicke, wo sie gemessen wird, und folglich nur dann die Kraft selbst, wenn die Bewegung nicht fortdauert, und also ihre Gröſse nicht zu messen ist. Anders ist es bei der Fortdauer der Bewegung.

Wenn man Versuche mit einem Dampfwagen macht, wird es immer, so schwach auch die Dampf-Erzeugungskraft der Maschine sein mag, möglich sein, den Kessel, wenn man das Sicherheitsventil mit 50 Pfd. Druck auf den Quadratzoll belastet, mit Dampf zu füllen, der eben diese Spannung hat. Wenn man nun dem Dampfwagen 100 Tonnen Last zu ziehen giebt, und der Widerstand, der aus dieser Ladung auf den Quadratzoll des Kolbens entsteht, beträgt, mit Einschluſs des Drucks der Luft, 46 Pfd.: wird man deshalb sagen können, der Dampfwagen werde die Ladung nothwendig mit einer bestimmten Geschwindigkeit, die bloſs von dem Verhältnisse der Dampfspannung zu dem Widerstande der Kolben

abhänge, fortschaffen müssen? Gewifs nicht! Denn, gesetzt die Maschine vermöchte in jeder Minute einen Cubikfufs Wasser in Dampf von der bestimmten Spannung zu verwandeln, und es sei diese Dampf-Erzeugung für die bestimmte Geschwindigkeit zureichend: so wird gleichwohl, wenn alles übrige das nemliche bleibt, und die Maschine erzeugt jetzt nur halb so viel Dampf, der Cylinder dann auch nur halb so oft mit Dampf gefüllt werden können; folglich wird, obgleich der Dampf im Kessel die nemliche *Spannung* hat, wie zuvor, die Geschwindigkeit der Fortbewegung, mit der nemlichen Ladung, doch nur noch halb so grofs sein, als vorhin. Es folgt also, dafs weder die Spannung des Dampfes im Kessel, noch das Beharren derselben während der Bewegung allein, zur Bestimmung der Kraft der Maschine hinreichen. Es kommt auch auf die *Dampf-Erzeugungskraft* an.

Erst wenn man, nach der Analogie mit andern versuchten Dampfkesseln, und durch Vergleichung der Heitzflächen, die Masse des Dampfes von bestimmter Spannung gefunden hat, welche die Maschine, z. B. in einer Minute, zu erzeugen vermag, ergiebt sich eine vollständige Schätzung der Kraft der Maschine, mit welcher sie zu wirken vermag. Erst nachdem man den Kessel der Maschine mit Wasser gefüllt, ein Feuer darunter angeschürt hat, so kräftig, wie es bei dem gewöhnlichen Gange der Maschine würde sein müssen, und dann die Dampf erzeugende Kraft der Maschine beobachtet worden ist, wird man ihre wirkende Kraft mit dem so erprobten Kessel finden. Die Spannung des Dampfes im Kessel für sich allein kann nur den einen Theil der Frage beantworten; nemlich den nach der gröfsten Ladung, welche man der Maschine zu ziehen geben darf. Diese Ladung wird dadurch bestimmt, dafs der Widerstand gegen den Kolben nicht gröfser sein darf, als die Spannung des Dampfes im Kessel, weil sonst gar keine Bewegung Statt finden würde. [Und zwar mit Rücksicht auf die Wirkung der Kurbel. D. H.] Sobald es aber auf die *Geschwindigkeit* der Bewegung ankommt, ist die Gröfse der *Spannung allein* nicht hinreichend, sondern es kommt auch auf die Gröfse der *Dampf-Erzeugung* an. Die gröfste *Ladung* wird durch die *Spannung* des Dampfes bestimmt: die gröfste *Geschwindigkeit* durch die *Dampf erzeugende Kraft* der Maschine. Nur beides zusammen vermag die Schätzung der Wirkung der Maschine zu geben.

Wir müssen also dreierlei untersuchen: *erstlich* den Widerstand einer gegebenen Ladung gegen den Kolben; *zweitens* die diesem Wider-

stande angemessene Spannung des Dampfes im Cylinder, und drittens die durch Versuche zu ermittelnde Dampf erzeugende Kraft der Maschine.

Nachdem dieses geschehen, wird sich die Wirkung eines Dampfwagens durch Vergleichung der für die gegebene Ladung erforderlichen Zugkraft, die die Spannung des Dampfes bestimmt, mit der Kraftmasse der Maschine, nemlich mit ihrer Dampf-Erzeugungskraft, berechnen lassen.

Abschnitt II.

Von dem Widerstande der Kolben im Verhältnisse zu einer bestimmten Zugkraft.

§. 46.

Wir haben bereits auseinandergesetzt, daſs, wenn ein Dampfwagen eine Last fortziehen soll, der gesammte Widerstand gegen die Bewegung aus folgenden Theilen besteht:

Erstlich aus dem Widerstande der Last [nemlich der Reibung der Wagenräder auf den Schienen und der Achsen in den Zapfenlagern etc. D. H.];

Zweitens aus dem Widerstande [der Reibung] des Dampfwagens selbst;

Drittens aus dem Druck der Luft [auf die Kolben].

Eben so ist die Wirkung des Dampfes nicht seine wirksame sondern seine gesammte Spannung.

Bei den bisherigen Berechnungen hatten wir bloſs die Kraft mit dem Widerstande für den Fall des Gleichgewichts zu vergleichen; auſser Verbindung mit den übrigen Umständen. Wir konnten also auf beiden Seiten gleiche Gröſsen weglassen; das heiſst, es war nur nöthig, den wirklichen Druck gegen den wirklichen Widerstand zu halten. Jetzt dagegen, wo wir den Dampf mit Rücksicht auf seine Ausdehnung in Betracht ziehen sollen, welche Ausdehnung durch seine gesammte Kraft bestimmt wird, muſs der Ausdruck dieser elastischen Kraft eben sowohl, als alles was sich auf die widerstehende Kraft bezieht, in Rechnung gebracht werden.

Von den drei Widerständen gegen die Kolben: dem der Ladung, dem des Dampfwagens selbst, und dem des Drucks der Luft, wirkt der letzte unmittelbar und direct auf die Kolben. Er muſs daher auch mit der Geschwindigkeit des Kolbens selbst überwunden werden. Anders dagegen ist es mit den beiden andern Widerständen. Wir sahen schon,

dafs der Druck bei Maschinen auf verschiedene Puncte sich umgekehrt verhält wie die Geschwindigkeit dieser Puncte [nemlich der statische Widerstand, oder der Widerstand im Beharrungsstande. Dieser verhält sich umgekehrt wie die Hebelsarme, und folglich wie die Geschwindigkeit. D. H.] Hier soll sich die Ladung mit einer gröfsern Geschwindigkeit bewegen als der Kolben, und zwar in dem Verhältnisse des Umfangs der Wagentriebräder zu der doppelten Länge des Kolbenlaufs. Der Druck auf den Kolben, welcher von dem Widerstande der Ladung und des Dampfwagens selbst herrührt, verhält sich also zu dem Widerstande selbst, wie die Geschwindigkeit des Rad-Umfanges zu der Geschwindigkeit des Kolbens.

[Hier möchte Einiges zu bemerken sein. Zuerst nemlich hat die Geschwindigkeit des Kolbens zu der Geschwindigkeit des Rad-Umfanges durchaus kein constantes Verhältnifs. Die letzte ist gleichförmig, oder doch fast gleichförmig; die erste bei weitem nicht: sie ist Null, wenn die Kurbel in der Richtung der Bläuelstange liegt, wächst von da, bis dahin wo die Kurbel mit der Bläuelstange einen rechten Winkel macht, nimmt darauf wieder bis Null ab u. s. w. Man kann blofs sagen, der Druck auf den Kolben verhalte sich, gleichsam im Durchschnitt, zu dem Widerstande am Umfange des Rades, wie dieser Rad-Umfang zum doppelten Kolbenlaufe. Aber auch das ist nur dann der Fall, wenn der Druck auf den mit veränderlicher Geschwindigkeit sich bewegenden Kolben wirklich constant ist, und wenn vorausgesetzt wird, dafs sich die Bewegung der Kurbel im Beharrungsstande befinde, nemlich, dafs die Kurbel, in jeder bestimmten Lage gegen die Bläuelstange, bei jedem neuen Umlaufe immer wieder die nemliche Geschwindigkeit habe, oder, was dasselbe ist, dafs die Geschwindigkeit der Last entweder ganz constant, oder doch, auf ähnliche Weise, im Beharrungsstande sei.

Sodann scheint zwar unmittelbar zu folgen, dafs sich ein constanter Druck auf den Kolben zu dem Widerstande am Umfange des Rades wie dieser Umfang zu dem doppelten Kolbenhube verhalte, weil die Ladung, und folglich jeder Punct des Rad-Umfanges um diesen Umfang fortrückt, während der Kolben zweimal seine Bahn durchläuft, und im allgemeinen die Last zur Kraft sich umgekehrt verhält, wie die durchlaufenen Wege. Da aber hier veränderliche Geschwindigkeiten vorkommen, jedenfalls bei der Kurbel, so kommt auch der dynamische

Widerstand oder die Kraft in Betracht, welche nöthig ist, die Trägheit der Masse zu überwinden, und es muſs untersucht werden, welchen Einfluſs dieselbe auf das Resultat hat. Diese Untersuchung ergiebt nun allerdings, daſs die Kraft, welche nöthig ist, die träge Masse in Bewegung zu setzen, wiederum durch das Beharren derselben in der Bewegung gewonnen wird, und daſs es sich mit dem Resultate wirklich so verhält, als wären alle Geschwindigkeiten gleichförmig, daſs also der gleichförmige Druck auf den Kolben zu dem gleichförmigen Widerstande der Ladung wirklich so sich verhät, wie der Rad-Umfang zu dem doppelten Kolbenlaufe; allein der Beweis ist jedenfalls nöthig, und sein Ergebniſs wird hier bloſs vorausgesetzt.

Die Voraussetzung im Text ist völlig richtig, in so fern der Druck des Dampfes auf den Kolben constant angenommen wird. Mit diesem letzten Umstande möchte es sich nun freilich streng genommen anders verhalten, weil, wenn auch die Heitzung constant angenommen wird, die Spannung des Dampfes von seinem wegen des Fortrückens des Kolbens veränderlichen Volumen und von der Dampf-Erzeugung abhängt, und mithin der Druck auf den Kolben nicht constant sein kann. Indessen würde sich die Veränderlichkeit des Drucks auf den Kolben schon ohne Hypothesen nicht in Rechnung bringen lassen. Man würde zwar interessante analytische Rechnungen erhalten, aber doch nichts Zuverlässiges; daher der Herr Verfasser denn auch wohl am besten that, bei der einfachsten Hypothese, der Unveränderlichkeit des Drucks auf den Kolben, stehen zu bleiben. D. H.]

Es sei nun M das Gewicht der Lastwagen und des Munitionswagens, und nM der Widerstand dieses Gewichts. Ferner sei F die Reibung des Dampfwagen selbst, und δM die mit der Ladung im Verhältniſs stehende Vermehrung dieser Reibung, so ist der gesammte Widerstand

$$1. \quad F + \delta M + nM.$$

Dieser Widerstand setzt sich der Maschine längs den Schienen entgegen.

Der daraus entstehende Widerstand verhält sich zu jenem, wie der Umfang des Wagentriebrades zu der doppelten Länge des Kolbenlaufs. Wenn also D den Durchmesser des Rades, l den Kolbenhub und π das Verhältniſs des Umfanges eines Kreises zu seinem Durchmesser bezeichnet, so ist der von der Reibung der Ladung und des Dampfwagens

herrührende Widerstand gegen den Kolben

$$2. \quad \frac{\pi D}{2l}(F + \delta M + nM).$$

Ist ferner d der Durchmesser des Dampfcylinders, so ist $\frac{1}{2}\pi d^2$ die Fläche der beiden Kolben. Also ist $\frac{\pi D}{2l} \cdot \frac{(F + \delta M + nM)}{\frac{1}{2}\pi d^2}$ oder

$$3. \quad \frac{D}{d^2 l} F + \delta M + nM)$$

der Druck auf die Einheit der Fläche des Kolbens.

Rechnet man hiezu noch den Druck ϱ der Atmosphäre auf die Einheit der Fläche, so ergiebt sich

$$4. \quad \frac{D}{d^2 l}(F + \delta M + nM) + \varrho = R$$

für den gesammten Widerstand gegen die Einheit der Kolbenfläche.

Man kann hier F, M und ϱ in Pfunden und D, d, l in Zollen ausdrücken. Die Coefficienten n und δ sind $\frac{1}{280}$ und $\frac{1}{2240}$. Alsdann ergiebt sich R in Pfunden. [Der Herr Verfasser nimmt M in Tonnen an, und setzt dann $n = 8$ Pfd. und $\delta = 1$ Pfd. Auch bemerkt er, daſs man D, l und d in Fuſsen ausdrücken könne. Das Resultat ist offenbar das nemliche. D. H.]

Es sei z. B. die Ladung $M = 224000$ Pfd. Engl. (100 Tonnen), der Durchmesser der Dampfcylinder $d = 11$ Zoll, der Kolbenhub $l = 16$ Zoll, der Durchmesser des Wagentriebrades $D = 60$ Zoll, die Reibung des Dampfwagens $F = 110$ Pfd., der Druck der Luft auf 1 Quadratzoll 14,7 Pfd. [alles Englisches Maaſs und Gewicht]: alsdann giebt die Formel (4.) [die Berechnung des Originals abgekürzt]:

$$R = \frac{60}{11^2.16}\left(110 + \frac{224000}{2240} + \frac{224000}{280}\right) + 14{,}7 = 46 \text{ Pfd. Engl. oder}$$

47,21 Pfd. Preuſs. auf den Preuſs. Quadratzoll.

Abschnitt III.

Von der Spannung des Dampfes in den Cylindern.

§. 47.

Nachdem der Widerstand des Kolbens gefunden ist, läſst sich daraus der Druck des Dampfes in dem Augenblick seiner Wirkung, als bewegende Kraft in den Cylindern, ableiten. Wir müssen zu dem Ende betrachten, was während der Bewegung geschieht.

Der Dampf, anfänglich in dem Kessel eingeschlossen und bis zu einem gewissen Grade gespannt, begiebt sich in die Dampfröhren und aus diesen in die Cylinder. So wie er in den Cylindern angelangt ist, die etwa 10 mal so viel Raum enthalten als die Dampfröhren, mufs er sich nothwendig ausdehnen, und verliert also verhältnifsmäfsig an Spannung. Während dessen ist der Kolben noch unbeweglich. Nun aber strömt der Dampf schnell zu, und bald ist das Gleichgewicht im Kessel und in dem Cylinder hergestellt. [Der Dampf verliert wegen des um den Raum des Cylinders und der Röhre vergröfserten Volumens so lange an Spannung, bis die Spannung durch die fortdauernde Dampf-Erzeugung hergestellt ist. D. H.] Die Spannung ist alsdann in den beiden Räumen gleich stark, und der Kolben, vom Dampf getrieben, fängt an, allmälig in Bewegung zu kommen. Die Bewegung theilt sich der Maschine und dem ganzen Wagenzuge mit, und die gesammte Masse nimmt eine gewisse Geschwindigkeit an. Die erlangte Geschwindigkeit dauert ein wenig länger fort, als die wirkende Kraft, welche sie hervorgebracht hat, und die Folge davon ist, dafs der Dampf den Kolben bei seinem nächsten Laufe schon in einiger rückgängigen Bewegung antrifft, wenn er auf denselben zu wirken anfängt; welche neue Wirkung dann der gesammten Masse wieder einen neuen Trieb giebt und denselben also vergröfsert. So wird die Bewegung der Kolben durch den immer erneuten Trieb, der erfolgt, während der vorhergehende noch wirksam ist, allmälig beschleunigt, und dies so lange, bis die gesammte Masse die volle Geschwindigkeit erlangt hat, welche die Maschine ihr mitzutheilen im Stande ist.

Wir sagten, dafs beim Anfange der Bewegung das Gleichgewicht der Spannung zwischen dem Kessel und den Cylindern hergestellt werde. Aber, so wie die Geschwindigkeit des Kolbens zunimmt, weicht derselbe auch wohl schneller aus, als der Dampf, das Gleichgewicht herstellend, nachfolgen kann, so dafs der Druck auf den Kolben nothwendig abnehmen mufs.

Gleichwohl haben die Zunahme und die Abnahme des Drucks ihre Grenzen. Man findet bei der Beobachtung, dafs die anfänglich geringe Geschwindigkeit jeder Maschine immer nur bis auf eine gewisse Grenze zunimmt, welche sie nie überschreitet, weil die bewegende Kraft der zu bewegenden Masse keine gröfsere Geschwindigkeit zu geben vermag. Wenn die Maschine gehörig eingerichtet ist, und ein Schwungrad hat, so bleibt

dann die einmal erlangte Geschwindigkeit unverändert, die Wirkung der bewegenden Kraft mag constant sein, oder zwischen gröfseren Grenzen schwanken; und die Bewegung wird vollkommen gleichförmig. [Nemlich periodisch gleichförmig. D. H.]

Bei dem Dampffuhrwerke vertritt die grofse, in Bewegung gesetzte Masse die Stelle des Schwungrades. Die Masse empfängt und spart gleichsam die Geschwindigkeit auf, welche die bewegende Kraft in dem Moment ihrer stärksten Wirkung hervorbrachte, und hilft damit wieder aus, so wie die Wirkung der Kraft abnimmt. Da aber die Geschwindigkeit der grofsen Masse nicht so schnell ab- und zunehmen kann, wie es mit der Wirkung der Kraft geschieht, so wird die Bewegung gleichförmig. [In diesem Sinne freilich nur beinahe. D. H.]

Diejenigen Theile der Maschine, welche, wie z. B. die Kolben, nothwendig nur veränderliche, ab- und zunehmende Geschwindigkeiten haben können, gelangen zu der Regelmäfsigkeit der Bewegung dadurch, dafs die Bewegung periodisch wird, und dafs in jedem Momente der Oscillationen die Geschwindigkeit während des einen Laufs gerade so grofs ist, als während des andern. So ist denn hier die Bewegung, wenn man die Dauer einer Oscillation zur Zeit-Einheit annimmt, gleichförmig.

Sobald die Bewegung auf solche Weise zur Gleichförmigkeit gelangt ist, was immer in kurzer Zeit geschieht, befindet sich die Maschine in ihrem normalen Zustande der Bewegung. Nachdem sie im Anfange der Bewegung eine Kraft hat anwenden müssen, welche gröfser ist, als der Widerstand: so ist jetzt gerade nur so viel Kraft-Äufserung nöthig, als die Erhaltung des Gleichgewichts erfordert. Denn würde mehr oder weniger Kraft angewendet, so würde die Bewegung, statt gleichförmig zu sein, beschleunigt oder verzögert werden.

Von diesem Augenblick an mufs also nun die Dampfspannung in den Cylindern, welche die bewegende Kraft ist, nothwendig der Gegenwirkung des Widerstandes auf die Kolben gleich sein. Dieser Satz ist bereits an einem andern Orte, obwohl weniger ausführlich, bewiesen worden. [Der Widerstand gegen die Kolben kann zwar nicht in jedem Momente der Dampfspannung gleich sein; denn er ist sehr veränderlich, und in dem Momente, wo der Kurbelarm in der Richtung der Bläuelstange liegt, sogar unendlich grofs, während die Wirkung der Dampfspannung auf die Kolben ungefähr dieselbe bleibt: aber, vermöge des Beharrungs-

vermögens der in Bewegung gesetzten Masse, ist auch die Gleichheit in jedem Momente nicht nöthig, sondern jenes Beharrungsvermögen wirkt als Kraft mit, und ersetzt die Wirkung derselben, wenn sie schwächer ist, als der Widerstand. Durch jenes Beharrungsvermögen geschieht es, daſs im Ganzen zur Erhaltung der periodisch gleichförmigen Bewegung eine Kraft in der Richtung der Achse der Cylinder nothwendig ist, die sich zu derjenigen, welche nach den Tangenten des von der Kurbel durchlaufenen Kreises nöthig sein würde, wie der halbe Umkreis zum Durchmesser verhält. Von dieser Kraft kann man dann auch sagen, daſs durch sie die Bewegung gleichförmig erhalten werde und daſs eine stärkere oder schwächere Kraft die Bewegung beschleunigen oder verzögern würde. D. H.]

Wir kennen also nun die Spannung des Dampfes im Cylinder und das Volumen desselben, und vermögen folglich den Aufwand an Kraft bei jedem Kolbenhube zu schätzen. Dieser Kraft-Aufwand, mit der Masse des Dampfes verglichen, welche die Maschine zu erzeugen vermag, wird ohne Schwierigkeit die Geschwindigkeit geben, welche von der Maschine hervorgebracht werden kann.

Abschnitt IV.

Von der Dampf-Erzeugungskraft der Maschine.

§. 48.

Versuche darüber.

Wir haben nun noch erst ein Haupt-Element der Aufgabe zu untersuchen, nemlich die Verdampfungskraft der Maschine, oder die Wassermasse, welche sie in gegebener Zeit in Dampf von bestimmter Spannung zu verwandeln vermag.

Zu diesem Zwecke haben wir mit den Maschinen auf der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester, während der Bewegung derselben von einem dieser Orte nach dem andern, eine Reihe von Versuchen angestellt.

Da alle Munitionswagen auf der Eisenbahn genau dieselbe Form und Gröſse haben, so wurde einer derselben erst leer, dann voll, gewogen; auch fand man, daſs jeder Zoll Engl. Wasserhöhe in den Behältern 206½ Pfd. Engl. Wasser enthält. Hierauf verfuhren wir auf folgende Weise.

Zuerst maſsen wir vermittelst der Glasröhre die Wasserhöhe im Kessel beim Anfange der Bewegung, so wie die Höhe des Wassers in

dem Behälter des Munitionswagens. Am Ende der Reise, oder auf der Station, wo man frisches Wasser einnahm, füllten wir erst den Kessel so hoch wie bei der Abfahrt an, und maſsen dann das übrig gebliebene Wasser im Behälter. Der Unterschied der Höhen im letzten gab den Verbrauch, welcher Statt gefunden hatte.

Bei der Beschreibung der Versuche werden wir, damit der Leser alles, worauf es ankommt, vor Augen haben möge, die Ladung; die Zeitdauer der Fahrt, aus welcher und der Länge des zurückgelegten Weges von 12605 Ruthen die Geschwindigkeit folgt; den Stand der Federwage, der die Spannung giebt; und die Temperatur des Wassers im Behälter des Munitionswagens bei der Abfahrt angeben. Wir werden darauf die Zeile erklären, welche den Ventilhub angiebt, bei welchem aller im Kessel erzeugte Dampf zu entweichen vermochte.

Versuche über die Verdampfungskraft der Dampfwagen.

Nummer der Versuche.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	
Datum im Jahre 1834	22. Juli.	23. Juli.	4. August.	31. Juli.	24. Juli.	24. Juli.	26. Juli.	26. Juli.	1. August.	15. Aug.	15. Aug.	
Name des Dampfwagens.	*Vulcan.*	*Atlas.*	*Atlas.*	*Atlas.*	*Fury.*	*Fury.*	*Firefly.*	*Firefly.*	*Vesta.*	*Leeds.*	*Leeds.*	
Gewicht der Ladung mit Einschluſs des Munitionswagens.	770	3853	2516	791	1107	962	816	816	653	1741	739	Ctr.
Verdampftes Wasser.	44,97	7995,02	5746,55	5346,80	4721,51	5271,30	5945,93	5846,24	3997,51	5796,87	5146,44	Pfunde
	68,09	121,05	87,00	80,95	71,49	79,71	90,02	88,51	60,52	87,46	77,92	oder Cubikfuſs.
Dauer der Fahrt.	1 St. 17 M.	3 St. 17 M.	1 St. 58 M.	1 St. 54 M.	1 St. 30 M.	1 St. 35 M.	1 St. 40 M.	1 St. 23 M.	1 St. 5 M.	1 St. 35 M.	1 St. 20½ M.	
Aufenthalt auf der Fahrt, unter der vorigen Dauer mitbegriffen.	3 M.	15 M.	0	0	0	0	5 M.	5 M.	0	0	3 M.	
Durchschnittlicher Stand der Federwage.	31 bis 32,5	50 bis 50,7	50 bis 50,1	24 bis 24,3	31,1 bis 32,6	31,2 bis 32,7	14,5 14,5	16,6 bis 17,3	20 bis 21,3	31 bis 32,2	26,5 bis 28,5	
Hebung des Ventils, welche hinreichte, allen erzeugten Dampf ausströmen zu lassen.	5	4	4	4	5	5	3	3	3½	5	5	
Durchschnittliche Spannung d. Dampfes während des Versuches, in Pfunden, auf den Quadratzoll.	55,93	55,11	54,39	30,79	5[illegible],50	58,50	45,16	50,29	52,34	55,42	50,29	
Temperatur d. Wassers im Behälter des Munitionswagens bei der Abfahrt.	lauwarm	kalt	kalt	kalt	kalt	kalt	fast kalt	lau	sehr heiſs	lau	sehr heiſs	
Geschwindigkeit der Maschine in Ruthen auf d. Stunde.	9824	3841	6409	6636	8405	7961	7563	9114	1 1535	7961	9396	Durchschnitt. 8067
Verdampfung in der Stunde bei jedem Versuch, in Cubikfuſsen.	53,05	[36,87	44,24]	42,61	47,65	50,40	54,01	63,99	55,87	55,43	58,07	51,13
Heitzfläche für die *strahlende* Wärme, in Quadratfuſsen.	32,49	53,81	—	—	31,00	—	41,41	—	43,38	32,60	—	40,67
Heitzfläche für *mitgetheilte* Wärme, in Quadratfuſsen.	289,90	205,49	—	—	289,90	—	341,98	—	241,52	289,90	—	271,96

Wir haben bei den Versuchen die Temperatur des Wassers im Munitionswagen deshalb angemerkt, weil warmes Wasser leichter zum Kochen gebracht wird, als kaltes. Da indessen diese Temperatur nur während eines kleinen Theils der an 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden dauernden Fahrt die nemliche bleiben kann, so hat sie nur einen unbedeutenden Einfluſs auf das Resultat; wie es auch die Versuche zeigen.

Wir haben ferner den Druck angemerkt, unter welchem der Dampf bei den Versuchen erzeugt wurde. Da Wasser unter einem höhern Drucke nur durch stärkere Hitze verdampft, so wird die Maschine unter einem höhern Drucke weniger Wasser in Dampf zu verwandeln vermögen. Da wir indessen weiter unten aus einer Tafel des Volumens und der Temperatur des Dampfes sehen werden, daſs für den Unterschied der gewöhnlichen Grade der Spannung in den Maschinen, nemlich von 50 bis 60 Pfd. auf den Quadratzoll, der Unterschied der Temperatur nur 9 und folglich für die mittlere Temperatur nur etwa $4\frac{1}{2}$ Thermometergrade beträgt, so ist der Einfluſs der Spannung auf die Dampf-Erzeugung nur fast unmerklich. Übrigens nimmt der unter niedrigem Druck erzeugte Dampf mehr Raum ein; der Kessel vermag also weniger, ihn zu fassen, und das Ventil ist mehr geneigt, zu blasen. Daraus folgt, daſs der Führer der Maschine, welcher gewohnt ist, sich nach dem Ventile zu richten, wenn er das Ventil blasen sieht, das Feuer weniger anschüren wird, als wenn es für eine stärkere Spannung gestellt ist. Dieser Umstand hebt den vorigen auf, und vermindert ihn häufig noch obendrein.

Es folgt also überhaupt aus den Versuchen, daſs die Geschwindigkeit der Bewegung allein einen fortdauernden und merkbaren Einfluſs auf die Dampf-Erzeugung hat.

Dieser Einfluſs der Geschwindigkeit besteht aber darin, daſs der aus den Cylindern ausströmende Dampf in den Schornstein tritt, dort einen continuirlichen Luftstrom hervorbringt und so auf das Feuer ganz wie ein Blasebalg wirkt. Jede Dampf-Ausströmung wirkt wie der Stoſs eines Balges; und um so mehr Cylinder voll Dämpfe in den Schornstein ausgestoſsen werden, oder je rascher die Bewegung ist, also je mehr die Geschwindigkeit zunimmt: um so stärker wird das Feuer angefacht. Aus den Resultaten der obigen Versuche sieht man in der That, daſs, je schneller die Fahrt war, um so stärker war die Dampf-Erzeugung. Aus die-

sem Grunde mufs man, um die Verdampfungskraft der Maschine zu finden, von einer **mittleren** Geschwindigkeit ausgehen.

Die Geschwindigkeit von 7713 Ruthen in der Stunde, welche die **mittlere** Geschwindigkeit bei den Versuchen ist, entspricht bei den Liverpooler Maschinen so ziemlich jener Bedingung. Wir müssen daher die dieser Geschwindigkeit entsprechende Verdampfungskraft nehmen, welche dann $51\frac{1}{8}$ Cubikfufs in der Stunde ist. Dieses wäre also die **mittlere** Verdampfungskraft der Liverpooler Wagen. Inzwischen haben einige dieser Maschinen 55 bis 57 Cubikfufs Wasser in der Stunde, also etwa 1 Cubikfufs in der Minute oder etwa 1 Pfd. Wasser in der Secunde verdampft.

§. 49.

Von der Verdampfungskraft auf die Einheit der Fläche.

Da die Maschinen, mit welchen die Versuche angestellt wurden, verschiedene Heitzflächen hatten, so läfst sich ihre Verdampfungskraft nur durch Vergleichung der Wirkung der Verdampfung mit der Heitzfläche finden, welche die Verdampfung hervorbrachte.

Dieses geschieht in den beiden letzten Spalten der obigen Tafel, welche die in dem 1sten Cap. Art. II. §. 3. näher beschriebenen Heitzflächen angeben.

So findet sich, dafs die durchschnittliche Verdampfung von $51\frac{1}{8}$ Cubikfufs Wasser durch eine Fläche von $40\frac{2}{3}$ Quadratfufs hervorgebracht wurde, welche der **strahlenden** Wärme ausgesetzt war, und durch 272 Quadratfufs Fläche für **mitgetheilte** Wärme.

Nehmen wir nun, in Folge des im 1sten Cap. Art. II. §. 3. beschriebenen Versuches, an, dafs die Wirkung der strahlenden Wärme auf eine und dieselbe Fläche 3 mal so stark als die der mittheilenden Wärme ist, so betragen die beiden obigen Flächen zusammen so viel als $40\frac{2}{3}+\frac{272}{3}$ $=131\frac{1}{3}$ Quadratfufs der strahlenden Wärme ausgesetzte Fläche; und da nun $51\frac{1}{8}$ Cubikfufs Wasser verdampft wurden, so kommt $\frac{51{,}125}{131{,}3}=0{,}389$ Cubikfufs Wasser auf den Quadratfufs.

Bei einer Geschwindigkeit von 7713 Ruthen in der Stunde, welches, wie oben bemerkt, ungefähr die mittlere Geschwindigkeit der der Maschinen war, verdampft also **jeder der strahlenden Hitze ausgesetzte Quadratfufs Fläche 0,389 oder etwa $\frac{2}{5}$ Cubikfufs Wasser in der Stunde.** Multiplicirt man diese verdampfte Wasser-

masse mit der Heitzfläche einer Maschine, so findet man ihr Dampferzeugungs-Vermögen.

§. 50.

Von der wirksamen Verdampfungskraft der Maschinen.

Es ist indessen zu erinnern, dafs, obwohl die ganze vorhin gefundene Menge Wasser verdampft wird, dennoch nur ein Theil davon wirksam ist. Um sich davon zu überzeugen, darf man nur die Ventile während der Wirkung der Maschinen beobachten. Sie lassen beständig eine nicht unbeträchtliche Menge Dampf, statt in die Cylinder, in die Luft ausströmen. Dieses ist noch ein Mangel der Maschinen, welchem abzuhelfen vielleicht nicht schwer wäre, und dessen Abhülfe dann noch einen bedeutenden Theil des Brennstoffes ersparen würde.

Der Ersatz der Cylinder der Liverpooler Maschinen durch gröfsere, welche man beabsichtigt, wird wenigstens den Erfolg haben, dafs bei starken Ladungen, mehr, aller im Kessel erzeugte Dampf benutzbar wird.

Der gegenwärtige Verlust an Dampf war bei den Versuchen sehr merklich. Er läfst sich mit einer gewissen Annäherung schätzen.

Unter der Überschrift „Durchschnittlicher Stand der Federwage" haben wir nemlich in der Tafel den beobachteten Ausgangspunct der Federwage, und den Grad, bei welchem das Ventil zu blasen anfing, angegeben. Der Unterschied der beiden Grade giebt die Hebung des Ventils während des Versuchs, von welcher dann der Verlust an Dampf abhängt. So hob sich das bei dem ersten Versuche auf 31 beim Abgange gestellte Ventil des *Vulcan* bei $32\frac{1}{2}$ Grad; also war die Hebung $1\frac{1}{2}$ Grad; und so bei den andern.

In der darauf folgenden Spalte haben wir die Hebung angegeben, welche hinreichte, um allen Dampf, den die Maschine zu erzeugen vermochte, entweichen zu lassen. Diese Hebung war schon bei unseren Versuchen über die Spannung des Dampfes gefunden. Wir haben gesehen, dafs, wie stark auch das Feuer angefacht werden mag, das Ventil doch niemals über einen gewissen Grad hinaus steigen kann, ohne dafs aller erzeugte Dampf entweicht. Eine vollständige Ermittellung dieses Punctes war durch die Erwägung der zahlreichen, über die Geschwindigkeit der Maschine mitgetheilten Versuche zu erlangen.

Wir fanden z. B., dafs der *Atlas*, in seinem schnellsten Lauf, also in dem Momente, wo die Dampf-Erzeugung am stärksten war, plötzlich

gehemmt, sein Ventil von 50 bis auf 54 Grad hob, und daſs die daraus entstehende Ausgangs-Öffnung allen Dampf entweichen zu lassen vermochte. Eben so hoben sich die Ventile des *Leeds,* des *Vulcan* und der *Fury* unter diesen Umständen von 31 auf 36, der *Vesta* von 20 auf $23\frac{1}{2}$, der *Firefly* von 17 auf 20, während die zweiten Ventile dieser Maschinen auf dem bei den Versuchen über die Spannung angegebenen Puncte standen. Diese Hebungsgrade hingen natürlich erstlich von der Menge des erzeugten Dampfes und von dem Durchmesser des Ventils, und zweitens von dem Maaſse der Hebelsarme und der Eintheilung der Wage ab, vermöge welcher ein Grad an der Wage einer gröſsern oder kleinern Hebung entspricht. Auſserdem auch von dem zweiten Ventile, welches dem Dampfe mehr oder weniger Ausgang verstattete.

Alle diese Umstände erklären die scheinbaren Unterschiede bei den verschiedenen Maschinen. Am *Atlas* lieſs das zweite Ventil gar keinen Dampf entweichen, und das erste hatte nur $2\frac{1}{2}$ Zoll Engl. im Durchmesser. Aber die Theile an der Wagescale waren im Verhältnisse zum Hebelsarm sehr groſs. Vier Theile gaben schon hinreichende Öffnung zur Entlassung alles Dampfes. Bei dem *Leeds,* dem *Vulcan* und der *Fury* hob sich das zweite Ventil unter der vorhandenen Spannung nicht, und das erste hatte 3 Zoll Engl. im Durchmesser. Bei der *Vesta* lieſs das zweite Ventil, eben wie das erste, Dampf ausströmen. Deshalb waren schon $3\frac{1}{2}$ Grade an der Wage zur Ausleerung des Kessels an Dampf hinreichend. Endlich blies bei der *Firefly* nur eines der beiden Ventile; aber die Maschine befand sich zur Zeit der Versuche in einem schlechten Zustande. Der Kessel war leck, das Wasser rann in das Feuer, wo es verdampft wurde, und nur ein kleiner Theil von dem Dampfe wurde im Kessel gesammelt.

Nachdem nun auf diese Weise die Data zur Ermittelung des Verlustes von Dampf während der obigen Versuche durch wiederholte Proben gefunden worden sind, vermögen wir diesen Verlust zu schätzen. Man darf zu dem Ende nur die beiden erwähnten Spalten der Tafel vergleichen, deren eine die wirklich erfolgte Hebung des Ventils angiebt, die andere diejenige, welche geeignet ist, allen Dampf entströmen zu lassen. Hierdurch ergiebt sich, daſs die mittlere Hebung des Ventils zur gesammten sich wie 12 zu $46\frac{1}{2}$ verhält. Der vierte Theil des Dampfes ging also durch das Ventil verloren, vielleicht sogar noch etwas mehr; we-

gen der *Firefly,* die durch die Lecke ihres Kessels noch besondere Verluste hatte.

Dieser Verlust an Dampf ist übrigens nicht zufällig, sondern jenen Maschinen wesentlich eigen. Unter allen Versuchen rücksichtlich der Geschwindigkeit, über welche wir weiter oben berichtet haben, wird kaum einer sein, wo der Verlust nicht Statt gefunden hätte; und fand derselbe wirklich nicht Statt, so geschah es, weil das Feuer nicht vollständig angefacht worden war.

Man muſs also die wirksame Dampf-Erzeugungskraft einer Maschine von ihrer Dampf-Erzeugungskraft überhaupt unterscheiden, damit nur der nutzbare Theil dieser Kraft in Rechnung gebracht werde.

Die obigen Versuche ergeben, daſs nur drei Viertheile des erzeugten Dampfes in die Cylinder gelangen. Da nun, wie oben gefunden, 1 Quadratfuſs der strahlenden Wärme ausgesetzte Fläche 0,389 Cubikfuſs Wasser in Dampf verwandelt, so beträgt der nutzbare Theil der Dampf-Erzeugungsfähigkeit eines Dampfwagens nur 0,292 oder etwa $\frac{3}{10}$ Cubikfuſs Wasser auf den Quadratfuſs der strahlenden Hitze ausgesetzte Fläche.

Endlich betrug, dem Obigen zufolge, die Dampf-Erzeugung $51\frac{1}{8}$ Cubikfuſs in der Stunde. Also beträgt der nutzbare Theil davon etwa $38\frac{1}{3}$ Cubikfuſs in der Stunde, durchschnittlich für die verschiedenen Maschinen.

Abschnitt V.

Von den Verhältnissen der Maschinen-Theile und den correspondirenden Wirkungen derselben.

§. 51.

Formel für die Geschwindigkeit einer Maschine, die eine bestimmte Last zieht.

Nach diesen Ausmittelungen ist es nun leicht, die Geschwindigkeit zu finden, mit welcher ein Dampfwagen eine bestimmte Last fortzuziehen vermögen wird.

Wir wollen z. B. annehmen, es sei eine Ladung von 1971 Ctr. (100 Tonnen Engl.) von einem Dampfwagen fortzuziehen, dessen Cylinder 10,82 Zoll (11 Zoll Engl.) Durchmesser haben. Der Kolbenlauf sei 15,65 Zoll (16 Zoll Engl.) lang, der Durchmesser der Räder 4 F. 10,27 Z.

(5 Fuſs Engl.), die wirksame Spannung des Dampfes 51,3 Pfd. auf den Quadratzoll (50 Pfd. Engl. auf den Quadratzoll Engl.), und endlich betrage die Dampf-Erzeugungskraft der Maschine, wie im Durchschnitte bei den Liverpooler Maschinen, $38\frac{1}{3}$ Cubikfuſs in der Stunde.

Im 2ten Abschnitte dieses Capitels sahen wir [aus dem am Ende des Abschnittes gegebenen Beispiele,] daſs der gesammte Widerstand, welchen hier die Ladung dem Kolben entgegensetzt, 47,21 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt. Eben so stark also muſs die Spannung des Dampfes sein, der in die Cylinder gelangt.

Die Masse des verdampften Wassers beträgt $38\frac{1}{3}$ Cubikfuſs in der Stunde oder 0,638 Cubikfuſs in der Minute. Dieses Wasser wird unmittelbar im Kessel in Dampf entwickelt, von 51,3 Pfd. wirksamer oder 66,7 Pfd. gesammter Spannung auf den Quadratzoll.

Man kennt nun auch das Volumen des unter einem bestimmten Druck erzeugbaren Dampfes. Es sind darüber nach Versuchen Tafeln berechnet worden. Man wird eine solche Tafel weiter unten §. 61. finden. Nach dieser Tafel nimmt Dampf, welcher unter 66,7 Pfd. Druck auf den Quadratzoll erzeugt wird, 435 mal so viel Raum ein als das Wasser, aus welchem er entstand. Es werden also hier $0{,}638 . 435 = 278$ Cubikfuſs Dampf erzeugt.

Dieser Dampf, in den Cylinder gelangend, soll 47,21 Pfd. Druck auf den Quadratzoll des Kolbens ausüben [§. 46.]. Seine T e m p e r a t u r ist die nemliche, wie die des Dampfes im Kessel, weil die Dampfröhren, nach den Cylindern hin, und die Cylinder selbst, im Kessel stehen und von dem Feuer der Esse umspielt werden. Der Raum, welchen überhaupt Dampf einnimmt, wächst aber bei g l e i c h b l e i b e n d e r Temperatur im umgekehrten Verhältnisse seiner S p a n n u n g. Es d e h n t sich also hier der in die Cylinder gelangende Dampf in dem Verhältnisse von 47,21 zu 66,7 a u s, und folglich ist das V o l u m e n des Dampfes jetzt $278 . \frac{66{,}7}{47{,}21} = 394$ Cubikfuſs.

Nun haben die beiden Kolben 179,2 Quadratzoll oder 1,245 Quadratfuſs Fläche. Durch diesen Querschnitt der Cylinder strömen in der Minute die 394 Cubikfuſs Dampf: also muſs der Kolben nothwendig die Geschwindigkeit von $\frac{394}{1{,}245} = 316{,}6$ F. in der Minute haben, und folglich mit dieser Geschwindigkeit die Ladung fortschaffen.

Um daraus weiter die Geschwindigkeit der Bewegung des Wagenzuges in Ruthen auf die Stunde zu finden, muſs man, weil der Umfang des Rades 5,887 mal dem doppelten Kolbenlaufe gleich ist, die 316,6 F. Geschwindigkeit des Kolbens in der Minute mit 5,887 und mit 60 (Minuten in der Stunde) multipliciren, und mit 12 (Fuſs auf die Ruthe) dividiren. Dieses giebt:

$$\frac{316{,}6\,.\,5{,}887\,.\,60}{12} = 9319 \text{ Ruthen Geschwindigkeit auf die Stunde.}$$

Wir sehen also, daſs die oben angenommene Dampf-Erzeugungskraft der Maschine eine Geschwindigkeit von 9319 Ruthen in der Stunde hervorzubringen vermag; das heiſst: daſs die Maschine, von den angegebenen Abmessungen, wenn sie im guten Stande und das Feuer gehörig angeschürt ist, 1971 Ctr. Ladung in der Stunde 9319 Ruthen weit fortziehen wird.

Auf diese Weise wollen wir nun allgemein den Ausdruck der Geschwindigkeit einer Maschine suchen.

Es sei, wie weiter oben:

Die Ladung . = M Pfunde;
Der Widerstand der Ladung = nM Pfunde;
Die Reibung des Dampfwagens selbst, ohne Ladung, . = F Pfunde;
Die mit der Ladung im Verhältniſs stehende Reibung im Dampfwagen = δM Pfunde;
Der Durchmesser der Triebräder = D Zolle;
Der Kolbenhub = l Zolle;
Der Durchmesser des Kolbens oder der Cylinder . . = d Zolle;
Der Druck der Atmosphäre auf 1 Quadratzoll . . . = ϱ Pfunde;
Der Widerstand auf 1 Quadratzoll der Kolbenfläche . = R Pfunde.

Alsdann ist gemäſs §. 46.

$$1. \quad R = \frac{D}{d^2 l}(F + \delta M + nM) + \varrho.$$

Ferner sei

Die gesammte Spannung des Dampfes im Kessel auf 1 Quadratzoll = P Pfunde;
An Wasser werde in Dampf von dieser Spannung durch die Maschine in 1 Stunde entwickelt = S Cubikzoll;
Aus 1 Cubikzoll Wasser entstehe an Dampf von der Spannung P = m Cubikzoll.

Alsdann ist das Volumen Dampf, welches die Maschine in 1 Stunde entwickelt,

2. $= mS$ Cubikzoll.

Dieser Dampf geht, wenn er in den Cylinder gelangt, von der Spannung P in die Spannung R über. Also, da das Volumen, welches Dampf einnimmt, umgekehrt wie die Spannung sich verhält, so ist der Raum, welchen der in 1 Stunde entwickelte Dampf in den Cylindern einnimmt:

3. $= mS.\frac{P}{R}$ Cubikzoll.

Dieses Volumen Dampf strömt in 1 Stunde durch die Cylinder. Dividirt man also dasselbe durch die Oberfläche der beiden Kolben [welche zugleich der Querschnitt der Cylinder ist], so findet man die Geschwindigkeit der Kolben auf die Stunde. Die Oberfläche der beiden Kolben ist $\frac{1}{2}\pi d^2$: also ist die Geschwindigkeit auf 1 Stunde

4. $= \frac{mSP}{\frac{1}{2}\pi d^2 R}$ Zoll $= \frac{mSP}{144.\frac{1}{2}\pi d^2 R}$ Ruthen.

Die Geschwindigkeit der Maschine auf die Stunde sei $= V$ Ruthen. Dieselbe verhält sich zur Geschwindigkeit der Kolben wie der Umfang des Triebrades zum doppelten Kolbenlaufe, oder wie πD zu $2l$. Also ist die Geschwindigkeit der Maschine auf die Stunde, oder der Raum, welchen dieselbe in der Stunde zurücklegt,

5. $V = \frac{mSp}{144.\frac{1}{2}\pi d^2 R}.\frac{\pi D}{2l} = \frac{mSPD}{144 d^2 l R}.$

Setzt man hierin den Werth von R (1.), so findet sich:

$$V = \frac{mSPD}{144 d^2 l.\left[\frac{D}{d^2 l}(F+\delta M+nM)+\varrho\right]} \text{ oder}$$

6. $V = \frac{mSPD}{144[(F+(\delta+n)M)D+d^2 l\varrho]}.$

Dieser Ausdruck giebt also die Zahl der Ruthen, welche der Dampfwagen mit seiner Ladung in einer Stunde zurücklegt, aus dem Maafse der Maschinentheile und der Verdampfungskraft der Esse, welche ihrerseits von der Heitzfläche abhängt. Für das Verhältnifs m des Volumens des Dampfes von der Spannung P zum Volumen des Wassers, aus welchem er erzeugt worden ist, findet sich §. 61. eine Tabelle.

Man kann also nun nach der obigen Formel unmittelbar die von einer Maschine zu erwartende Wirkung schätzen.

Wir werden weiter unten sehen, dafs das Product mP beinahe constant ist. Es folgt also aus der Formel, dafs die Geschwindigkeit einer Maschine, wenn ihre Ladung M dieselbe bleibt, mit der Heitzfläche zunimmt [weil mit derselben S wächst], desgleichen mit dem Durchmesser D des Triebrades. Dagegen nimmt sie ab, wenn der Durchmesser der Cylinder d und der Kolbenhub l zunehmen.

§. 52.

Formel für die Last, welche eine Maschine mit gegebener Geschwindigkeit fortziehen kann.

Um die Ladung M zu finden, darf man nur in der obigen Formel V als gegeben betrachten und daraus M entwickeln. Dieses giebt:

$$7. \quad M = \frac{mSPD - 144\,d^2 l \varrho V}{144(\delta + n) VD} - \frac{F}{\delta + n};$$

und dieser Ausdruck giebt die Zahl M der Pfunde, welche die Maschine V Ruthen weit in der Stunde fortzieht.

§. 53.

Von der Fläche, die erhitzt werden mufs, damit eine Maschine eine bestimmte Last mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortschaffe.

So wie vorhin M, kann man aus der Formel (6.) auch jede andere darin vorkommende Zahl nehmen. So z. B. darf man, wenn man die Heitzfläche für eine gegebene Geschwindigkeit und Ladung verlangt, nur S daraus entwickeln. Dieses giebt:

$$8. \quad S = \frac{144 V[(F + (\delta + n)M)D + d^2 l \varrho]}{mPD},$$

nemlich die Zahl der Cubikzolle, und

$$9. \quad \frac{S}{1728} = \frac{V[(F + (\delta + n)M)D + d^2 l \varrho]}{12\,mPD}$$

für die Zahl der Cubikfufse Wasser, welche in 1 Stunde verdampft werden müssen. Dieselbe, gemäfs §. 50., mit $\frac{10}{3}$ multiplicirt, giebt die Heitzfläche in Quadratfufsen, die also, wenn sie durch H bezeichnet wird,

$$10. \quad H = \frac{5V[(F + (\delta + n)M)D + d^2 l \varrho]}{18\,mPD} \text{ Quadratfufs ist.}$$

§. 54.

Von dem Maximo der Ladung einer Maschine für eine bestimmte Dampfspannung.

Der obige Ausdruck (7.) der Ladung, welche ein Dampfwagen mit vorgeschriebener Geschwindigkeit fortzuziehen vermag, und welcher zeigt, daſs die Ladung um so gröſser sein darf, je langsamer sich der Zug fortbewegt, ist der Bedingung unterworfen, daſs der Widerstand R gegen den Kolben nicht gröſser sei als die Spannung P des Dampfes im Kessel. Hieraus folgt eine Grenze für die Ladung, oder das Maximum derselben für eine bestimmte Spannung des Dampfes. Die Formel (7.) giebt zwar auch für gröſsere R Werthe von M, aber sie entsprechen nicht mehr der Wirklichkeit. Für das Maximum der Ladung ergiebt sich aus der Gleichung $R = P$. Aus dieser Gleichung folgt vermöge des Ausdrucks (1.)

$$11. \quad P = \frac{D}{d^2 l}(F + (\delta + n) M) + \varrho.$$

Hieraus ergiebt sich $(P - \varrho)\, d^2 l = D[F + (\delta + n) M]$, und folglich

$$12. \quad M = \frac{(P - \varrho) d^2 l}{(\delta + n) D} - \frac{F}{\delta + n}.$$

Dieses ist, einschlieſslich des Gewichts des Munitionswagens, das Maximum der Ladung, jedoch noch unter einem Vorbehalte, nemlich rücksichtlich des Widerstandes, welchen die Räder des Dampfwagens auf den Schienen finden und welcher im 8ten Capitel näher wird abgehandelt werden.

§. 55.

Von der diesem Maximo entsprechenden Geschwindigkeit.

Setzt man den Ausdruck von M (12.) in die Gleichung (6.), welche allgemein die Geschwindigkeit der Fahrt ausdrückt, so findet sich [weil zufolge (11.), woraus (12.) genommen wurde, $D(F + (\delta + n) M) + d^2 l \varrho = P d^2 l$ ist, wenn man diesen Ausdruck in den Nenner von (6.) setzt, $V = \frac{m S P D}{144 P d^2 l}$, oder]

$$13. \quad V = \frac{m S D}{144 d^2 l}.$$

Schreibt man diesen Ausdruck in der Form

$$14. \quad 144 V = \frac{m S}{\frac{1}{2} \pi d^2} \cdot \frac{\pi D}{2 l},$$

[welches dann die Geschwindigkeit statt in Ruthen in Zollen giebt] so zeigt sich, daſs jetzt die Geschwindigkeit der Fahrt gerade diejenige ist, welche unmittelbar der Dampf beim Durchströmen durch die Cylinder

haben würde. In der That drückt $\frac{MS}{\frac{1}{2}\pi d^2}$ die Masse des im Kessel in 1 Stunde hervorgebrachten Dampfes, dividirt durch den Querschnitt der beiden Cylinder in Zollen, aus, also die Länge des Weges, welchen der durch die Cylinder strömende Dampf in 1 Stunde zurücklegt; folglich die Geschwindigkeit des durch die Cylinder mit der Spannung im Kessel ausströmenden Dampfes. Dagegen ist $\frac{\pi D}{2l}$ das Verhältniſs der Geschwindigkeit der Fahrt zur Geschwindigkeit der Kolben. Also giebt $\frac{mS}{\frac{1}{2}\pi d^2}\cdot\frac{\pi D}{2l}$, die Geschwindigkeit der Fahrt.

Es zeigt sich also, daſs in dem Falle des Maximums der Ladung, während die Spannung des Dampfes in den Cylindern der im Kessel gleich ist, die Geschwindigkeit der Kolben [oder der Ausströmung des Dampfes] die nemliche ist, mit welcher der Dampf dem Kessel durch die Verdampfung des Wassers zuströmt; wie es auch nach der Natur der Sache sein muſs.

Was die Grenze für die Geschwindigkeit bei kleineren Ladungen betrifft, so dürfen die Wagenführer sie nicht bis zu einer solchen Höhe anwachsen lassen, daſs sie den Kolben und anderen Maschinentheilen Gefahr bringen könnte. Bei den Versuchen, die weiter unten werden beschrieben werden, betrug die Geschwindigkeit der Fahrt nur einmal, auf eine kurze Weile, 7½ Meile auf die Stunde. Diese Geschwindigkeit ist die gröſste, welche wir bis jetzt, einzelne Augenblicke ausgenommen, beobachteten. Wenn die Ladung zu leicht ist, so mäſsigt sie der Maschinenführer durch den Regulator, und schürt das Feuer weniger stark als möglich an; wie es weiter unten näher beschrieben werden wird.

§. 56.

Welchen Durchmesser die Cylinder haben müssen, wenn die Maschine ein bestimmtes Maximum der Ladung ziehen soll.

Derselbe folgt, eben wie in §. 54. das Maximum der Ladung selbst, aus der Gleichung (11.), und es ergiebt sich aus derselben für den Durchmesser der Cylinder in Zollen:

$$15. \quad d = r\left(\frac{D(F+(\delta+n)M)}{(P-\varrho)l}\right).$$

§. 57.

Kolbenhub in so bestimmten Cylindern.

Ist aus irgend einem Grunde der Durchmesser der Cylinder schon bestimmt worden, so kann man, innerhalb gewisser Grenzen, den vorgeschriebenen Effect, nemlich das Maximum der Ladung zu ziehen, auch durch den Kolbenhub erreichen. Die Gleichung (11.) giebt für denselben, in Zollen:

$$16. \quad l = \frac{D(F+(\delta+n)M)}{(P-\varrho)\,d^2}.$$

§. 58.

Durchmesser der Räder für den nemlichen Fall.

Eben so durch den Durchmesser der Räder, mit dessen Zunahme die Geschwindigkeit der Fahrt ab- und die Zugkraft zunimmt. Die Gleichung (11.) giebt denselben in Zollen:

$$17. \quad D = \frac{(P-\varrho)\,d^2\,l}{(\delta+n)M+F}.$$

Dieser Rad-Durchmesser kann indessen natürlich über eine gewisse Grenze hinaus nicht vergrößsert werden.

§. 59.

Desgleichen die wirksame Dampfspannung im Kessel für diesen Fall.

Wenn nemlich der Kolbenhub und die Durchmesser der Cylinder und Räder im Voraus bestimmt sind, kann man die wirksame Spannung des Dampfes im Kessel berechnen, die nöthig ist, um das Maximum der Ladung fortzuschaffen. Die Gleichung (11.) giebt für dieselbe, in Pfunden auf den Quadratzoll:

$$18. \quad P-\varrho = \frac{D}{d^2\,l}(F+(\delta+n)M).$$

So könnte man auch die übrigen Gröſsen aus der Gleichung (11.) entwickeln; womit wir uns aber nicht aufhalten wollen. Auch wird es kaum nöthig sein, zu erinnern, daſs die Werthe der einzelnen Gröſsen, welche man aus der Gleichung nimmt, nur in so fern Statt finden, als ihnen nicht practische Regeln und Erfordernisse widersprechen. So z. B. darf die Spannung, welche die Gleichung (18.) giebt, nicht stärker sein, als das Metall des Kessels sie aushält. Eben so muſs der Durchmesser der Räder hinreichend groſs sein, damit der Dampfwagen nicht aus den

Schienen springen könne, und nicht so klein, daſs die Geschwindigkeit der Fahrt leide u. s. w.

§. 60.

Uebersicht der Formeln dieses Capitels.

Wir wiederholen zunächst die Bedeutung der Buchstaben in den obigen Ausdrücken, und dann, in einer Zusammenstellung, die Ausdrücke selbst.

M bezeichnet die Zahl der Pfunde, welche sämmtliche von dem Dampfwagen fortgezogene Fuhrwerke, den Munitionswagen eingeschlossen, wiegen.

nM ist die Zahl der Pfunde, mit welchen die gesammte Ladung widersteht. In der Regel ist $n = \frac{1}{280}$.

F ist die Zahl der Pfunde, mit welchen der Dampfwagen selbst seinem Zuge widersteht. Sie kann nach den obigen Versuchen durchschnittlich angeschlagen werden, in so fern der Wagen noch nicht vorhanden ist. Sie wird in der Regel gefunden, wenn man das Gewicht des Dampfwagens durch $149\frac{2}{3}$ dividirt. Ist der Dampfwagen schon vorhanden, und man will F sehr genau wissen, so muſs man es durch Versuche mit dem Wagen selbst suchen.

dM ist in Pfunden der aus der zusätzlichen Reibung der Theile des Dampfwagens entstehende und mit der Ladung im Verhältniſs stehende Widerstand. Wie oben gefunden, ist in der Regel $\delta = \frac{1}{2240}$, und also $\delta + n = \frac{9}{2240}$.

D ist der Durchmesser der Triebräder des Dampfwagens in Zollen.

d ist der Durchmeser der Cylinder in Zollen.

l ist die Länge des Kolbenlaufs in Zollen.

P ist die Zahl der Pfunde, mit welchen der Dampf im Kessel auf 1 Quadratzoll drückt, und zwar mit Einschluſs des Drucks der Atmosphäre.

ϱ ist die Zahl der Pfunde, mit welchen die Luft auf 1 Quadratzoll drückt, also $\varrho = 15{,}086$. $P - \varrho$ ist daher die w i r k s a m e Spannung des Dampfes im Kessel auf 1 Quadratzoll in Pfunden.

S ist die Zahl der Cubikzolle Wasser, welche durch die Maschine in 1 Stunde in Dampf von der Spannung P aufgelöset werden. Man findet S, wenn man die Zahl der Quadratzolle, welche die reducirte Heitz-

fläche mifst, mit $\frac{18}{5}$ multiplicirt. Die reducirte Heitzfläche ist die Summe der der strahlenden Wärme ausgesetzten Wasserfläche in der Esse und eines Drittheils der Oberfläche der Feuerröhren.

H ist die Zahl der Quadratfufse der reducirten Heitzfläche.

m ist die Zahl der Cubikzolle Dampf, welcher, von der Spannung *P*, aus 1 Cubikzoll Wasser entwickelt wird. Man findet den Werth von *m* in der Tafel §. 61.

V endlich ist die Zahl der Ruthen Weges, welche der Dampfwagen, mit den von ihm fortgezogenen Fuhrwerken, in 1 Stunde durchläuft.

Mit dieser Bedeutung der Buchstaben hat man nun folgende Ausdrücke:

$$1. \quad V = \frac{mSPD}{144[(F+(\delta+n)M)D+d^2 l\varrho]} \quad (6. \ §. \ 51.)$$

für die Zahl der Ruthen Weges, welche ein Dampfwagen, von bestimmten Maafsen seiner Theile, unter einer bestimmten Spannung, in 1 Stunde zurücklegt.

$$2. \quad M = \frac{mSPD - 144 d^2 l\varrho V}{144(\delta+n)VD} - \frac{F}{\delta+n} \quad (7. \ §. \ 52.)$$

für die Zahl der Pfunde, welche der Dampfwagen, mit der bestimmten Geschwindigkeit, unter der gegebenen Dampfspannung, fortzuziehen vermag.

$$3. \quad S = \frac{144V[(F+(\delta+n)M)D+d^2 l\varrho]}{mPD} \quad (8. \ §. \ 53.)$$

für die Zahl der Cubikzolle Wasser, welche von der Maschine in 1 Stunde in Dampf von der Spannung *P* verwandelt werden.

$$4. \quad H = \frac{sV[(F+(\delta+n)M)D+d^2 l\varrho]}{18mPD} \quad (10. \ §. \ 53.)$$

für die Zahl der Quadratfufse, welche die reducirte Heitzfläche der Maschine für eine bestimmte Ladung und Geschwindigkeit messen mufs.

$$5. \quad M_1 = \frac{(P-\varrho)d^2 l}{(\delta+n)D} - \frac{F}{\delta+n} \quad (12. \ §. \ 54.)$$

für die Zahl der Pfunde Gewicht des Wagenzuges, den Munitionswagen einschliefslich, welche im Maximo der Dampfwagen fortzuziehen vermag.

$$6. \quad V - \frac{mSD}{144 d^2 l} \quad (13. \ §. \ 55.)$$

für die Ruthen Weges, welche der Dampfwagen das Maximum der Ladung in 1 Stunde fortzuschaffen vermag.

$$7. \quad d = r\left(\frac{D(F+(\delta+n)M)}{(P-\varrho)l}\right) \quad (15. \ §. \ 56.)$$

für die Zahl der Zolle, welche der Durchmesser der Cylinder halten mufs, wenn der Dampfwagen das Maximum der Ladung soll ziehen können.

$$8. \quad l = \frac{D(F+(\delta+n)M)}{(P-\varrho)d^2} \quad (16.\ \S.\ 57.)$$

für die Zahl der Zolle der Länge des Kolbenlaufs in diesem Falle.

$$9. \quad D = \frac{(P-\varrho)\,d^2 l}{(\delta+n)M+F} \quad (17.\ \S.\ 58.)$$

für den Durchmesser der Triebräder des Dampfwagens in Zollen, im gleichen Falle.

$$10. \quad P-\varrho = \frac{D}{d^2 l}(F+(\delta+n)M) \quad (18.\ \S.\ 59.)$$

für die Zahl der Pfunde, mit welchen der Dampf auf den Quadratzoll im gleichen Falle wirksam drücken mufs.

Es ist zu bemerken, dafs diese Formeln keinesweges etwa blofs empirisch sind, oder auf willkührlichen, mehr oder weniger mit der Erfahrung übereinstimmenden Voraussetzungen beruhen. Sie sind im Gegentheile auf strengen Gesetzen der Mechanik gegründet; die Elemente derselben sind vermittelst directer Versuche gefunden und die Resultate sind auf gleiche Weise bestätigt worden.

Bei allen Ausdrücken wird vorausgesetzt, dafs der Dampfwagen die Ladung auf horizontaler Bahn fortziehe. Ist die Bahn abhängig, so mufs man für M nicht die nominelle, sondern die wirkliche Ladung setzen, das heifst: nicht mehr den Widerstand der Fuhrwerke auf den Schienen allein, sondern den Widerstand auf der abhängigen Bahn; wie sich solches weiter im 7ten Capitel Abschnitt 2. ergeben wird.

[Wenn man die obige Theorie des Herrn Verfassers nicht etwa genauer erwöge und seine Demonstration nur im Ganzen überblickte, so könnten sich einige Schwierigkeiten erheben, die aber in der That nur aus dem Ausdruck entstehen. Dergleichen könnten nemlich insbesondere daraus entstehen, dafs im Texte von einem constanten Widerstande der Kolben gegen den Druck des Dampfes, und weiterhin von einer constanten Ausströmungs-Geschwindigkeit des Dampfes gesprochen zu werden scheint, welche beide durchaus, und bei weitem nicht Statt finden, indem vielmehr der Widerstand der Kolben gegen den Druck des Dampfes, in dem Falle, wenn die Kurbel in der Richtung der Cylinder-Achse liegt, sogar unendlich grofs, und in dem Falle, wenn sie auf der Cylinder-Achse senkrecht steht, so klein als möglich, folglich von einer endlichen Gröfse bis ins Unendlich-Grofse verschieden ist, die Geschwindigkeit der Ausströ-

mung des Dampfes dagegen, welche diejenige der Kolben ist, von Null an, was sie dann ist, wenn die Kurbel in der Richtung der Cylinder-Achse sich befindet, bis zu ihrem Maximo, welches Statt findet, wenn die Kurbel mit der Cylinder-Achse einen rechten Winkel macht, abwechselt, so dafs also beide, der Widerstand der Kolben und die Ausströmungs-Geschwindigkeit des Dampfes, bei weitem nicht constant sind. Indessen findet von dieser Seite her wirklich keine Schwierigkeit Statt. Um dieses näher bemerklich zu machen, möchten vielleicht folgende Bemerkungen dienlich sein.

Weder der Widerstand der Reibung und der zu bewegenden Masse gegen den Kolben, noch die Ausströmungs-Geschwindigkeit des Dampfes sind dasjenige, was constant ist. Aber der Druck des Dampfes auf die Kolben und das Volumen des überhaupt in einer bestimmten Zeit ausströmenden Dampfes sind, im Beharrungsstande der Bewegung, constant, oder werden wenigstens, was allenfalls auch geschehen darf, als constant betrachtet. Der Widerstand der Kolben gegen den Druck des Dampfes und die Ausströmungs-Geschwindigkeit wechseln dagegen, selbst im Beharrungsstande der Bewegung, fortwährend, und sind, auf die oben bemerkte Weise, von Moment zu Moment ungemein verschieden. Nur der Widerstand gegen die Kurbel, in der Richtung des Umkreises, welchen die Warze derselben beschreibt, ist constant, nicht aber, und bei weitem nicht diejenige in der Richtung der Cylinder-Achse, und folglich auch nicht der Widerstand der Kolben.

Nun ist es aber aus der Theorie der Kurbel bekannt, dafs eine, stets mit sich selbst, hier stets mit der Richtung der Cylinder-Achse parallel wirkende, constante Kraft, wenn sie zu dem constanten Widerstande der Kurbelwarze in der Richtung des Umkreises, den diese beschreibt, wie der halbe Umfang eines Kreises zu seinem Durchmesser sich verhält, die Wirkung hat, dafs sie eine periodisch-gleichförmige Umdrehung der Kurbel hervorbringt, das heifst, eine Umdrehung, deren Geschwindigkeit, in dem Umkreise, den die Warze beschreibt, zwar nicht unveränderlich die nemliche bleibt, jedoch bei jeder Umdrehung der Kurbel immer genau wieder dieselbe ist, so wie die Kurbel wieder in die gleiche Lage kommt. Jene constante Kraft ist gröfser als der Widerstand der Kurbel in senkrechter Lage auf die parallele Richtung der Kraft, und kleiner als besagter Widerstand, dann, wenn die

Kurbel in der Richtung der Kraft selbst liegt; in welchem letzten Fall der Widerstand selbst unendlich groſs ist. Sie ist gleichsam ein Mittel zwischen den verschiedenen Widerständen der Kurbel nach der Richtung der parallel wirkenden Kraft; und auf diese Weise kann sie einen Beharrungsstand der Bewegung hervorbringen.

Da also auf solche Weise eine constante, in der Richtung der Cylinder-Achse auf die Kurbel wirkende Kraft eine periodisch-gleichförmige Bewegung hervorzubringen vermag, und hier die bewegende Kraft, nemlich der Druck des Dampfes auf die Kolben eine constante, in besagter Richtung wirkende Kraft ist, wenigstens als solche betrachtet wird: so ist es auf diese Weise statthaft, die Wirkung des Drucks des Dampfes mit jenem Widerstande zu vergleichen, und man ist berechtigt, vorauszusetzen, daſs der Druck des Dampfes eine periodisch-gleichförmige Bewegung erzeugen werde.

Nun richtet sich ferner die Erzeugung der Dämpfe durchaus nicht nach dem Widerstande, den die Kolben ihrer Wirkung entgegensetzen, und also auch nicht nach der constanten Kraft, die diese Widerstände im Falle des Beharrungstandes der Bewegung repräsentirt. Wenn das Feuer einmal angeschürt ist, so wird so viel Dampf erzeugt, oder vielmehr so viel Wasser in einer bestimmten Zeit verdampft, als der Heitzfläche im Kessel gemäſs ist; und wenn die Kolben gar nicht wichen, so würde bei der fortwährenden Entwickelung von Dampf, entweder das Sicherheitsventil sich öffnen und den Dampf entweichen lassen müssen, oder der Kessel würde zerspringen. Ersteres wird, wenn die Kolben nicht weichen, geschehen, und daher giebt es auch für die Spannung der Dämpfe ein Maximum, welches durch das Sicherheitsventil bestimmt wird, und es folgt sogleich, daſs die Kolben nicht stärker widerstehen dürfen: wenigstens daſs jene, die Stelle der verschiedenen Widerstände der Kolben vertretende Kraft in der Richtung der Cylinder-Achse auf die Einheit der Fläche nicht stärker wirken darf, als die Kraft, mit welcher das Sicherheitsventil den Dämpfen sich widersetzt, weil sonst die Dämpfe nicht durch die Cylinder sondern durch das Sicherheitsventil ausströmen würden.

Angenommen nun zunächst, jene mittlere Kraft des Kolbenwiderstandes sei dem Drucke des Sicherheitsventils auf die Einheit der Fläche gleich, und man gestattete dem Sicherheitsventile dann nicht, sich zu heben: so folgt, daſs nun alle Dämpfe, die erzeugt werden, mit dem vom

Sicherheitsventile für den Kessel bestimmten Maximo der Spannung, durch die Cylinder entweichen und folglich die Kolben vor sich her treiben werden, mit einer constanten Kraft, die dem Maximo der Spannung der Dämpfe, multiplicirt mit der Fläche der Kolben, gleich ist. Und da nun diese constante Kraft nach der Voraussetzung jener mittleren Kraft der Widerstände der Kurbel gleich sein soll, so ergiebt sich die Geschwindigkeit, mit welcher die Kolben, und durch sie die Kurbel und der Wagenzug fortgetrieben werden, daraus, daſs gerade so viele Cylinder voll Dampf, mit dem Maximo der Spannung, in einer bestimmten Zeit ausströmen müssen, als in der nemlichen Zeit erzeugt werden. Die Geschwindigkeit der Ausströmung der Dämpfe, welche diejenige der Kolben selbst ist, ist zwar dabei durchaus nicht constant: aber sie ist im Ganzen gleichförmig, und ihr Mittel muſs von der Art sein, daſs alle Dämpfe, welche erzeugt werden, ohne ihre Spannung, und folglich ihr Volumen zu verändern, entweichen können. Da in dem jetzt angenommenen Falle die Kolben im Durchschnitt eben so stark widerstehen sollen, wie das Sicherheitsventil, und es auch nicht möglich ist, daſs sie stärker widerstehen, so nennt der Herr Verfasser mit Recht diejenige Ladung, welche jenem mittleren Widerstande der Kolben entspricht, das Maximum der Ladung, und es ist nicht möglich, daſs die Maschine, mit ihrer durch das Sicherheitsventil normirten Spannung der Dämpfe, eine stärkere Ladung fortschaffe. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Maximum der Ladung bewegt wird, richtet sich danach, daſs in einer bestimmten Zeit eben so viele Cylinder voll Dämpfe entweichen, als erzeugt werden.

Aber die Ladung kann geringer sein. Und da nun die Dampf-Erzeugung, nemlich die Erzeugung eines bestimmten Volumens Dampf, mit dem durch das Sicherheitsventil normirten Maximo der Spannung, sich nicht ändert, so frägt sich, was in diesem zweiten Falle geschehen werde. Es ist in demselben eine geringere constante Kraft in der Richtung der Cylinder-Achsen zur Fortbewegung der Ladung nöthig, als vorhin: also kann nichts anderes geschehen, als daſs die constante bewegende Kraft, nemlich die Spannung der Dämpfe, ebenfalls abnimmt. Dieses aber kann nicht anders geschehen, als daſs der erzeugte Dampf in ein gröſseres Volumen sich ausdehnt, was nach der Hypothese im umgekehrten Verhältniſs der Spannung geschieht. Dieses gröſsere Volumen muſs jetzt ausströmen; und das wiederum kann nicht anders ge-

schehn, als dafs die Ausströmung mit gröfserer Geschwindigkeit erfolgt; denn es müssen jetzt in der gleichen Zeit mehr Cylinder voll Dampf (von geringerer Spannung) entströmen, als vorhin. Also besteht der Erfolg darin, dafs die geringere Ladung mit gröfserer Geschwindigkeit fortbewegt wird, als die gröfsere.

Auf diesen Ansichten beruht die Theorie des Herrn Verfassers, und sie ist also, wenn man die beiden Voraussetzungen zugiebt: dafs der Druck der Dämpfe auf die Kolbenfläche constant sei, und dafs das Volumen einer bestimmten Dampfmasse sich umgekehrt wie die Spannung verhalte, vollkommen schlufsgerecht.

Beide Voraussetzungen können nun zwar angefochten werden. Denn die zweite, dafs das Volumen einer bestimmten Dampfmasse sich umgekehrt wie ihre Spannung verhalte, worüber allein nur die Erfahrung Auskunft geben kann, ist, eben der Erfahrung nach, nur näherungsweise richtig; die erste Voraussetzung, dafs der Druck der Dämpfe auf die Kolben constant sei, ist, gerade von der zweiten ausgehend, auch theoretisch nicht genau; denn da der Raum, welchen der Dampf ausfüllt, stets durch die Hin- und Herbewegung der Kolben sich verändert, folglich sein Volumen, und mithin auch die Spannung nicht constant sein kann, so kann auch der Druck auf die Kolben nicht constant sein.

Indessen kommen beide Voraussetzungen der Wahrheit nahe, und der Herr Verfasser that in dieser Rücksicht gewifs besser, sie zu gestatten, als auf künstliche Rechnungen sich einzulassen; dies nicht blofs deshalb, um die Theorie zu vereinfachen, und weil das Resultat wahrscheinlicherweise doch schon der Wahrheit nahe kommt, sondern noch mehr deshalb, weil an die Stelle der beiden Hypothesen doch wieder andere würden gesetzt werden müssen, die nicht sicherer sind als die ersten, und daher durch die künstlichen Rechnungen kaum einmal etwas gewonnen werden würde, wenigstens an der Sicherheit nicht, was gerade die Hauptsache ist. Das ist es eben, warum man, nach der Meinung des Herausgebers dieses Journals, in technischen Dingen, und überhaupt in complicirten Fällen der Wirklichkeit, so viel wie möglich künstliche Rechnungen zu vermeiden, und, so lange es nur irgend noch geht, bei dem Möglichst-Einfachen stehen bleiben sollte. Durch die Künstlichkeit gewinnt man selten etwas an der Sicherheit; im Gegentheil aber: wer auf die schweren Rechnungen zu viel vertraut, geräth in die Gefahr grofser Feh-

ler, die in der Ausübung oft schon sehr wesentlichen Schaden angerichtet haben. D. H.]

§. 61.

Tafel des unter verschiedenen Graden der Spannung erzeugten Dampfvolumens, nothwendig für die Anwendung der Formeln.

Da es für die Anwendung der obigen Formeln nothwendig ist, das Volumen zu kennen, welches der Dampf unter verschiedenen Graden des Drucks einnimmt, so fügen wir hier eine, von 5 zu 5 Pfd. (Engl.) Druck auf den Quadratzoll (Engl.) berechnete Tafel bei. [Sie ist hier auf Preuſsische Pfunde und Quadratzolle reducirt. D. H.] Die zwischen-liegenden Grade hätten leicht ausgefüllt werden können; aber es wäre unnütz gewesen, da, wie wir sehen werden, die Spannung im Kessel nur einen so geringen Einfluſs auf die Geschwindigkeit hat, daſs man ohne Nachtheil nur die nächste Spannung nehmen darf, welche die Tafel angiebt; nebst dem derselben correspondirenden Volumen.

Die Ursache, weshalb der Einfluſs der Spannung auf die Geschwindigkeit so gering ist, liegt darin, daſs, fast ganz in dem Verhältnisse, wie die Spannung wächst, das Volumen des Dampfes gegenseits abnimmt, so daſs das in den Gleichungen vorkommende Product mP sehr nahe stets denselben Werth behält. Wir werden diesen Umstand bei der Berechnung der Geschwindigkeit für verschiedene Spannungen alsbald bestätigt finden.

Tafel des Volumens des unter verschiedenen Spannungen erzeugten Wasserdampfes.

Spannung des Dampfes. Auf den Quadratzoll. Pfunde.	Spannung des Dampfes. In Atmosphären.	Correspondirende Fahrenheitsche Thermometergrade.	Das Volumen des Dampfes enthält das Volumen des Wassers, aus welchem er erzeugt wurde
15,39	1,021	212,6	1670 mal.
20,53	1,361	227,9	1282 -
25,66	1,701	240,3	1044 -
30,79	2,041	250,8	883 -
35,92	2,381	260,0	767 -
41,05	2,721	268,1	678 -
46,18	3,061	275,4	609 -
51,31	3,401	282,0	553 -
56,45	3,742	288,1	506 -
61,58	4,082	293,8	468 -
66,71	4,422	299,1	435 -
71,84	4,762	304,0	407 -
76,97	5,102	308,7	382 -
82,10	5,422	313,1	360 -
87,23	5,782	317,3	341 -
92,37	6,122	321,3	324 -
97,50	6,463	325,1	308 -
102,63	6,803	328,8	294 -

§. 62.

Von den Verhältnissen, welche die Theile der Maschinen haben müssen, wenn dieselben mehrere Bedingungen zugleich erfüllen sollen.

Wir haben oben die verschiedenen auf die Bewegung sich beziehenden Formeln einzeln gegeben. Sie lassen sich aber auch leicht mit einander verbinden. Um ein Beispiel davon, und zugleich eine practische Anwendung der bis jetzt gefundenen Resultate zu geben, wollen wir annehmen, man verlange einen Dampfwagen, der, während er ein gewisses Maximum der Ladung zieht, zugleich eine andere gegebene Ladung mit einer gewissen bestimmten Geschwindigkeit fortzuziehen vermöge.

In diesem Falle werden wir den Durchmesser der Cylinder der ersten und die Heitzfläche im Kessel der zweiten Bedingung gemäfs bestimmen können. Es bezeichne also M_1 das gegebene Maximum der Ladung, M_2 aber die andere bestimmte Ladung, und V_2 die Geschwindigkeit für die zweite Ladung: so ist zufolge der Formeln (7.) und (3.) (§. 60.)

$$d = \sqrt{\left(\frac{D(F+(\delta+n)M_1)}{(P-\varrho)l}\right)} \text{ und}$$

$$S = \frac{144V^2[(F+(\delta+n)M_2)D+\varrho d^2 l]}{mPD}.$$

Die erste dieser Gleichungen giebt den Durchmesser der Cylinder und, diesen in die zweite gesetzt, findet man S.

Die Aufgabe kommt in dem Falle bei Eisenbahnen vor, wenn man verlangt, dafs der Dampfwagen eine bestimmte Ladung auf den horizontalen Stellen mit einer gewissen regelmäfsigen Geschwindigkeit fortzuziehen, zugleich aber nicht horizontale Stellen, von bestimmtem Abhange, mit der bestimmten Ladung ohne Hülfe zu ersteigen im Stande sein soll.

Wir wollen also z. B. annehmen, es solle ein Dampfwagen gebaut werden, welcher, das eigene Gewicht zu $236\frac{1}{2}$ Ctr. angeschlagen, im Stande sei, 1971 Ctr. (100 Tonnen Engl.) auf horizontaler Bahn 8546 Ruthen (20 Engl. M.) weit in der Stunde fortzuziehen, zugleich aber mit mit der nemlichen Ladung, obwohl mit verminderter Geschwindigkeit, Abhänge von 1 auf 200 zu ersteigen.

Auf horizontaler Bahn hat der Dampfwagen nur den Widerstand der Ladung, der aus der Reibung entsteht zu überwinden: bergan dagegen mufs er auch noch das Bestreben der Ladung, zurück, bergab zu rol-

len, aufheben. Dieses Bestreben hängt von dem Gewichte der Ladung und von dem Abhange ab; es ist die Wirkung der Schwere auf der schiefen Ebene und gleich dem Gewichte, dividirt durch die Zahl, welche ausdrückt, wie viel mal die Höhe des Abhanges in seiner Länge enthalten ist.

Auf dem angenommenen Abhange von 1 auf 200 beträgt also dieses Bestreben hier $\frac{1971+236\frac{1}{2}}{200}=\frac{2207\frac{1}{2}}{200}$ Ctr. Nun ist, wie in §. 60. bei δM bemerkt, $\delta+n=\frac{9}{2240}$. Also beträgt der Widerstand von $\frac{2207\frac{1}{2}}{200}$ Ctr. auf dem Abhange so viel, als wenn er auf horizontaler Bahn von einer Ladung von $\frac{2207\frac{1}{2}}{200}\cdot\frac{2240}{9}=2740$ Ctr. herrührte. Es ist also auf dem Abhange so viel, als ob $1971+2740=4711$ Ctr. auf horizontaler Bahn fortzuziehen wären. Wir haben daher

$$M_1=4711\text{ Ctr.}\quad\text{und}\quad M_2=1971\text{ Ctr.}$$

Da das Gewicht des Dampfwagens an sich $236\frac{1}{2}$ Ctr. gesetzt worden ist, so wird er, wenn die Räder gekuppelt werden, eine Reibung F von etwa 174 Pfd. haben. Setzen wir nun den Durchmesser D der Räder 58,27 Zoll (5 F. Engl.), die Länge des Kolbenlaufes $l=15,54$ Zoll (16 Zoll Engl.), und dafs die Spannung des Dampfes im Kessel $P-\varrho$ nicht über 61,57 Pfd. auf den Quadratzoll betragen soll (60 Pfd. Engl. auf den Engl. Quadratzoll), so findet sich

$$d=\sqrt{\left[\frac{58,27\,(174+\frac{2}{2240}\cdot 4711\cdot 110)}{61,57\cdot 15,54}\right]}=11,65\text{ Zoll.}$$

Diesen Durchmesser also müssen die Cylinder haben.

Es mufs nun der gefundene Werth von d in die obige zweite Gleichung gesetzt werden, nebst den übrigen Daten der Aufgabe. Erwägt man hierbei, dafs während der Fahrt des Wagens die wirksame Spannung im Kessel $P-\varrho$ von den obigen 61,57 auf 51,3 Pfd. (50 Pfd. Engl. auf den Engl. Quadratzoll) herabsinken möchte, welches für P 66,71 Pfd. giebt, für welches P nach der Tabelle im vorigen Abschnitte $m=435$ ist: so giebt die zweite obige Gleichung

$$S=\frac{144\cdot 8546\,[(174+\frac{2}{2240}\cdot 1971\cdot 110)\,58,27+14,41\cdot 11,65\cdot 11,65\cdot 15,54]}{435\cdot 66,71\cdot 58,27}$$
$$=67502\text{ Cubikzoll.}$$

Es müssen also von der Maschine etwa 39 Cubikfuſs Wasser in der Stunde verdampft werden, was nach den obigen Regeln 135 Quadratfuſs reducirte Heitzfläche erfordert, also etwa 47 Quadratfuſs Fläche der Esse und 264 Quadratfuſs Röhrenfläche.

Dieses Beispiel wird hinreichen, um zu sehen, wie die Rechnungen zu machen sind. Andere Combinationen der Formeln geschehen auf ähnliche Weise, und es ist nichts weiter nöthig, als die Formeln so zu verbinden, daſs daraus die gesuchten Gröſsen hervorgehen.

Abschnitt VI.

Practische Tafeln der Verhältnisse und Wirkungen der Maschinen.

§. 63.

Tafel der Durchmesser der Cylinder und der Spannung der Dämpfe für ein gegebenes Maximum der Ladung.

Wir haben vorhin für einen einzelnen bestimmten Fall den Durchmesser berechnet, welchen die Cylinder eines Dampfwagens haben müssen, der unter einer bestimmten Dampfspannung ein bestimmtes Maximum der Ladung fortschaffen soll. Durch gleiche Rechnungen haben wir die folgende Tafel aufgestellt, welche den Durchmesser der Cylinder zeigt, wenn die Spannung des Dampfes im Kessel bestimmt ist, und umgekehrt, oder auch das Maximum der Ladung für einen bestimmten Cylinder-Durchmesser und eine bestimmte Dampfspannung.

Es ist hierbei zu erinnern, daſs die nach der Tafel eingerichteten Maschinen nur dann die bestimmte Ladung zu ziehen vermögen werden, wenn die Schienen in einem Zustande sich befinden, daſs die Räder darauf hinreichend eingreifen können. Auſserdem würde, wie sich weiter im 8ten Capitel zeigen wird, die erwartete Wirkung nicht erfolgen.

Tafel der Durchmesser der Cylinder und der Spannung der Dämpfe, welche mit einem gegebenen Maximo der Ladung correspondiren.

Beschreibung des Dampfwagens.	Maximum des Gewichts des Wagenzuges, einschliefslich des Munitionswagens.	Durchmesser der Cylinder in Zollen, für eine Spannung der Dämpfe im Kessel, die auf den Quadratzoll beträgt:				
		51,3 Pfd.	56,4 Pfd.	61,6 Pfd.	67,7 Pfd.	71,8 Pfd.
	Ctr.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.
	1971	8,55	8,16	7,77	7,48	7,19
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	2465	9,42	8,93	8,55	8,25	7,96
Länge des Kolbenlaufes . . . 15,54 Zoll.	2957	10,20	9,71	9,32	8,93	8,64
Gewicht des Dampfwagens . . 157,7 Ctr.	3449	10,97	10,49	10,00	9,61	9,23
Vermuthliche Reibung in dem-	3942	11,65	11,17	10,68	10,20	9,91
selben 116 Pfd.	4435	12,33	11,75	11,27	10,78	10,39
	4928	13,01	12,33	11,85	11,36	10,97
	3942	11,85	11,27	10,78	10,39	10,00
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	4435	12,53	11,95	11,46	10,97	10,59
Länge des Kolbenlaufes . . . 15,54 Zoll.	4928	13,11	12,53	11,95	11,56	11,07
Gewicht des Dampfwagens . . 236,5 Ctr.	5420	13,69	13,11	12,53	12,04	11,56
Vermuthliche Reibung in dem-	5913	14,28	13,60	13,01	12,53	12,04
selben 174 Pfd.	6406	14,86	14,18	13,60	13,01	12,53
	6899	15,34	14,66	13,98	13,50	13,01
	3942	11,17	10,59	10,20	9,71	9,42
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	4435	11,75	11,17	10,68	10,29	9,91
Länge des Kolbenlaufes . . . 17,48 Zoll.	4928	12,33	11,75	11,27	10,78	10,39
Gewicht des Dampfwagens . . 216,8 Ctr.	5420	12,92	12,33	11,75	11,27	10,88
Vermuthliche Reibung in dem-	5913	13,40	12,82	12,24	11,75	11,36
selben 160 Pfd.	6406	13,98	13,30	12,72	12,24	11,75
	6899	14,47	13,79	13,21	12,62	12,24

§. 64.

Tafel der Länge des Kolbenlaufes und des Räder-Durchmessers für den gleichen Fall und für eine gegebene Spannung der Dämpfe.

Die folgende Tafel ist aus der Formel für *l* No. 8. §. 60. berechnet, und zwar für die am gewöhnlichsten vorkommenden Maschinen. Sie giebt die Länge des Kolbenlaufes und den Durchmesser der Räder für eine bestimmte Dampfspannung und für ein bestimmtes Maximum der Ladung, und umgekehrt.

Tafel der Länge des Kolbenlaufes und des Durchmessers der Räder, die mit einem gegebenen Maximo der Ladung correspondiren.

Beschreibung des Dampfwagens.	Maximum des Gewichts des Wagenzuges, den Munitions-wagen einschliefslich.	Länge des Kolbenlaufes in Zollen, für einen Durchmesser der Triebräder von 35 Zoll.	46,6 Zoll.	58,27 Zoll.	70 Zoll.
	Ctr.	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Zoll.
Durchmesser der Cylinder 10,68 Zoll.	2957	8,45	11,36	14,18	17,00
Gewicht des Dampfwagens 157,7 Ctr.	3449	9,81	13,01	16,32	19,62
Vermuthliche Reibung in demselben . . 116 Pfd.	3942	11,07	14,76	18,45	22,14
Wirksame Spannung des Dampfes im	4435	12,43	16,51	20,69	24,76
Kessel auf den Quadratzoll 51,3 Pfd.	4928	12,69	18,26	22,82	27,39
Durchmesser der Cylinder 11,65 Zoll.	3942	9,52	12,62	15,83	18,94
Gewicht des Dampfwagens 197 Ctr.	4435	10,59	14,08	17,58	21,17
Vermuthliche Reibung in demselben . . 145 Pfd.	4928	11,65	15,54	19,42	23,27
Wirksame Spannung des Dampfes im	5420	12,72	17,00	21,27	25,54
Kessel auf den Quadratzoll 51,3 Pfd.	5913	13,89	18,45	23,11	27,68
	3942	8,17	10,88	13,60	16,32
Durchmesser der Cylinder 12,62 Zoll.	4439	9,03	12,14	15,15	18,16
Gewicht des Dampfwagens 216,8 Ctr.	4928	10,00	13,30	16,70	20,01
Vermuthliche Reibung in demselben . . 160 Pfd.	5420	10,97	14,57	18,26	21,85
Wirksame Spannung des Dampfes im	5913	11,85	15,83	19,81	23,70
Kessel auf den Quadratzoll 51,3 Pfd.	6406	12,82	17,09	21,37	25,64
	6899	13,69	18,26	22,92	27,48
	4928	8,64	11,56	14,47	17,38
Durchmesser der Cylinder 13,6 Zoll.	5420	9,52	12,62	15,83	18,94
Gewicht des Dampfwagens 236,5 Ctr.	5913	10,29	13,69	17,19	20,59
Vermuthliche Reibung in demselben . . 174 Pfd.	6406	11,07	14,76	18,45	22,14
Wirksame Spannung des Dampfes im	6899	11,95	15,83	19,81	23,79
Kessel auf den Quadratzoll 51,3 Pfd.	7391	12,72	16,90	21,17	25,44
	7884	13,50	17,97	22,53	27,00

§. 65.

Tafel der Heitzflächen für gegebene Geschwindigkeiten und Ladungen.

Um die Praxis zu erleichtern, wollen wir auch, für die am meisten vorkommenden Fälle, die Heitzfläche für verlangte Wirkungen der Maschinen berechnen.

Die folgende nach der Formel No. 3. §. 60. berechnete Tafel giebt nicht allein die für vorausbestimmte Wirkungen nothwendige Heitzfläche, sondern auch die Geschwindigkeit einer bestimmten Ladung für eine gegebene Heitzfläche.

Die Tafel setzt durchweg 51,3 Pfd. auf den Quadratzoll wirksame Dampfspannung im Kessel voraus. Da aber die Dampfspannung, wie sich weiter unten zeigen wird, auf die Geschwindigkeit nur wenig Einfluſs hat, so läſst sich, wenn die Maschine unter einem höheren Drucke wirkt, das Maximum der Ladung verstärken. Inzwischen ist für die in der Tafel angenommenen Ladungen, wenn die bestimmte Geschwindigkeit hervorgebracht werden soll, die angegebene Heitzfläche nothwendig. Auf solche Weise paſst die Tafel auch für eine gröſsere oder geringere Dampfspannung als 51,3 Pfd. auf den Quadratzoll. Der Unterschied erstreckt sich nur auf das Maximum der Ladung, welche mit der Dampfspannung ab- und zunimmt.

Die Heitzfläche selbst wird, wie in §. 60. beschrieben, gemessen.

Tafel der Heitzfläche für eine bestimmte Geschwindigkeit und Ladung.

Beschreibung des Dampfwagens.	Gewicht des Wagenzuges, einschlieſslich des Munitions-wagens.	Heitzfläche des Kessels in Quadratfuſsen, für eine Geschwindigkeit, die auf die Stunde beträgt:				
		4273 Ruth.	6409 Ruth.	8546 Ruth.	10687 Ruth.	12819 Ruth.
	Ctr.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Quadr.-F.
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	493	33,95	50,93	66,96	83,94	100,91
Länge des Kolbenlaufes . . . 15,52 Zoll.	986	43,38	64,13	85,82	106,57	128,26
Durchmesser der Cylinder . . 10,68 Zoll.	1478	51,87	78,28	103,74	130,15	155,61
Gewicht des Dampfwagens . . 157,7 Ctr.	1971	61,30	91,48	122,61	152,79	182,97
Vermuthliche Reibung in demselben 116 Pfd.	2465	70,73	105,63	140,52	175,42	210,32
Wirksame Dampfspannung auf den Quadratzoll 51,3 Pfd.	2957	79,22	118,83	158,44	198,06	237,67
	3252	84,88	127,32	169,76	212,20	—
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	986	48,10	71,68	95,26	118,83	142,41
Länge des Kolbenlaufes . . . 15,52 Zoll.	1478	56,59	84,88	113,17	141,47	169,76
Durchmesser der Cylinder . . 11,65 Zoll.	1971	66,02	99,03	132,04	165,05	198,06
Gewicht des Dampfwagens . . 197 Ctr.	2465	75,45	113,17	149,96	187,68	225,41
Vermuthliche Reibung in demselben 145 Pfd.	2957	84,88	126,38	168,82	210,32	252,76
Wirksame Dampfspannung auf den Quadratzoll 51,3 Pfd.	3449	93,37	140,52	186,74	233,89	280,11
	3863	100,91	151,84	202,77	252,76	—
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	986	52,81	78,28	104,69	130,15	156,56
Länge des Kolbenlaufes . . . 15,52 Zoll.	1478	61,30	92,43	122,61	153,73	183,91
Durchmesser der Cylinder . . 12,62 Zoll.	1971	70,73	105,63	141,47	176,36	211,26
Gewicht des Dampfwagens . . 216,8 Ctr.	2465	80,17	119,78	159,39	199,00	238,61
Vermuthliche Reibung in demselben 160 Pfd.	2957	88,65	132,98	177,31	221,63	265,96
Wirksame Dampfspannung auf den Quadratzoll 51,3 Pfd.	3449	98,08	147,13	196,17	245,21	—
	3942	107,52	161,27	214,09	267,85	—
	4435	116,95	174,48	232,95	—	—
	4553	118,83	178,25	236,72	—	—

Beschreibung des Dampfwagens.	Gewicht des Wagenzuges, einschliefslich des Munitionswagens.	Heitzfläche des Kessels in Quadratfufsen für eine Geschwindigkeit, die auf die Stunde beträgt:				
		4273 Ruth.	6409 Ruth.	8546 Ruth.	10687 Ruth.	12819 Ruth.
	Ctr.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Quadr.-F.	Quadr.-F.
	986	57,53	85,82	114,12	142,41	170,70
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	1478	66,02	99,97	132,98	165,99	199,00
Länge des Kolbenlaufes . . . 15,52 Zoll.	1971	75,45	113,17	150,90	188,62	226,35
Durchmesser der Cylinder . . 13,6 Zoll.	2465	84,88	127,32	169,76	211,26	253,70
Gewicht des Dampfwagens . . 236,5 Ctr.	2957	94,31	140,52	187,68	234,84	281,05
Vermuthliche Reibung in dem-	3449	102,80	154,67	205,60	257,47	—
selben 174 Pfd.	3942	112,23	167,88	224,46	280,11	—
Wirksame Dampfspannung auf	4435	121,66	182,02	242,38	—	—
den Quadratzoll 51,3 Pfd.	4928	131,09	196,17	261,24	—	—
	5302	137,70	206,54	274,45	—	—
Durchmesser der Räder . . . 58,27 Zoll.	986	58,47	86,77	116,00	144,30	173,53
Länge des Kolbenlaufes . . . 17,48 Zoll.	1478	66,96	100,91	133,92	167,88	200,88
Durchmesser der Cylinder . . 11,65 Zoll.	1971	76,39	114,12	152,79	190,51	228,24
Gewicht des Dampfwagens . . 216,8 Ctr.	2465	85,82	128,26	170,70	213,15	255,59
Vermuthliche Reibung in dem-	2957	94,31	142,41	189,57	236,72	283,88
selben 160 Pfd.	3449	103,74	155,61	207,49	259,36	—
Wirksame Dampfspannung auf	3942	113,17	169,76	225,41	281,99	—
den Quadratzoll 51,3 Pfd.	4356	120,72	181,08	241,44	—	—

§. 66.

Tafel der Geschwindigkeit für gegebene Ladungen, und umgekehrt.

Wir haben Tafeln für Fälle gegeben, wo ein Dampfwagen für eine bestimmte Wirkung gebaut werden soll. Das Umgekehrte kann ebenfalls vorkommen, nemlich, dafs die Frage ist, welche Wirkung eine schon vorhandene Maschine haben werde, deren Theile man schon sämmtlich messen kann.

Um hier eine vollständige und practische Anwendung von den obigen Formeln zu machen, wollen wir nach Formel 1. §. 60. berechnen, mit welcher Geschwindigkeit Dampfwagen, wie die Liverpooler, mit Cylindern von 10,68 und 11,65 Zoll im Durchmesser, eine bestimmte Ladung fortziehen werden. Auf diesem Wege werden wir dann durch Versuche mit den Liverpooler Wagen, welche weiterhin beschrieben werden sollen, zugleich die Richtigkeit der a priori gefundenen Formeln an der Erfahrung prüfen können.

Da die folgende Tafel auch sonst in der Ausübung von Nutzen sein kann, indem sie ohne weitere Rechnung die Resultate angiebt, so wer-

den wir die Tafel auch auf andere, gewöhnlich noch auf Eisenbahnen vorkommende Fälle ausdehnen.

Die Tafel giebt die einer bestimmten Ladung entsprechende Geschwindigkeit an, und man kann also daraus umgekehrt auch die Ladung entnehmen, wenn die Geschwindigkeit gegeben ist. Eben so giebt die Tafel, da wir uns in den Columnen derselben auf die Ladungen haben beschränken müssen, welche die Maschine unter einer bestimmten Dampfspannung nach Formel 5. §. 60. zu ziehen vermag, auch das Maximum der Ladung für eine bestimmte Dampfspannung, so wie die correspondirende Geschwindigkeit an.

In der letzten Columne ist der Stand des Regulators angegeben. Wenn derselbe ganz offen ist, so steht 1, wenn er nur halb offen ist, $\frac{1}{2}$.

Dieses gilt, wie für die gegenwärtige, auch für die folgenden Tafeln.

Tafel der Geschwindigkeit einer Maschine für eine gegebene Ladung, und umgekehrt.

Beschreibung der Maschinen.	Gewicht des Wagenzuges, einschließlich des Munitionswagens. Ctr.	Geschwindigkeit auf horizontaler Bahn in Ruthen, auf die Stunde, wenn die Spannung des Dampfes im Kessel auf den Quadratzoll beträgt: 51,3 Pfd. Ruthen.	56,4 Pfd. Ruthen.	61,6 Pfd. Ruthen.	Stand des Regulators.
	493	17122	17254	17348	1
	986	13392	13494	13571	1
Durchmesser der Cylinder . . . 10,68 Zoll.	1478	10999	11080	11135	1
Länge des Kolbenlaufes 15,52 Zoll.	1971	9328	9401	9452	1
Durchmesser der Räder 58,27 Zoll.	2465	8102	8161	8208	1
Reibung im Dampfwagen . . . 106,5 Pfd.	2957	7157	7213	7251	1
Heitzfläche 132 Quadr.-F.	3272	6662	6713	6751	1
Verdampfung in 1 Stunde . . . 38,5 Cub.-F.	3449	—	6461	6499	1
	3627	—	6230	6264	1
	3982	—	—	5841	1
	493	14720	14832	14917	1
	986	11879	11969	12033	1
	1478	9952	10029	10084	1
Durchmesser der Cylinder . . . 11,65 Zoll.	1971	8567	8636	8683	1
Länge des Kolbenlaufes 15,52 Zoll.	2465	7520	7576	7619	1
Durchmesser der Räder 58,27 Zoll.	2957	6700	6751	6780	1
Reibung im Dampfwagen . . . 147 Pfd.	3449	6042	6089	6123	1
Heitzfläche 132 Quadr.-F.	3844	5602	5645	5645	1
Verdampfung in 1 Stunde . . . 38,5 Cub.-F.	3942	—	5546	5576	1
	4277	—	5226	5256	1
	5026	—	—	4662	1

Beschreibung der Maschinen.	Gewicht des Wagenzuges, einschliefslich des Munitionswagens. Ctr.	Geschwindigkeit auf horizontaler Bahn in Ruthen, auf die Stunde, wenn die Spannung des Dampfes im Kessel auf den Quadratzoll beträgt: 51,3 Pfd. Ruthen.	56,4 Pfd. Ruthen.	61,6 Pfd. Ruthen.	Stand des Regulators.
	986	12405	12499	12571	1
	1478	10546	10623	10682	1
	1971	9170	9238	9289	1
Durchmesser der Cylinder . . . 12,62 Zoll.	2465	8110	8174	8217	1
Länge des Kolbenlaufes 15,52 Zoll.	2957	7273	7328	7367	1
Reibung im Dampfwagen . . . 160 Pfd.	3449	6589	6640	6679	1
Heitzfläche 151 Quadr.-F.	3942	6025	6072	6106	1
Verdampfung in 1 Stunde . . . 44 Cubikfufs.	4435	5551	5593	5623	1
	4553	5448	5487	5521	1
	5046	—	5093	5123	1
	5539	—	—	4777	1
	986	12746	12845	12913	1
	1478	10977	11059	11123	1
	1971	9640	9713	9768	1
Durchmesser der Cylinder . . . 13,60 Zoll.	2465	8593	8657	8704	1
Länge des Kolbenlaufes 15,52 Zoll.	2957	7751	7811	7854	1
Reibung im Dampfwagen . . . 174 Pfd.	3449	7059	7110	7153	1
Heitzfläche 170 Quadr.-F.	3942	6482	6529	6568	1
Verdampfung in 1 Stunde . . . 49,5 Cubikfufs.	4435	5991	6033	6068	1
	4928	5568	5610	5640	1
	5302	5286	5324	5354	1
	5874	—	4944	4969	1
	6445	—	—	4636	1
	986	11178	13264	11328	1
	1478	9644	9717	9772	1
	1971	8482	8546	8593	1
Durchmesser der Cylinder . . . 11,65 Zoll.	2465	7567	7627	7670	1
Länge des Kolbenlaufes 17,48 Zoll.	2957	6833	6884	6922	1
Reibung im Dampfwagen . . . 160 Pfd.	3449	6226	6273	6311	1
Heitzfläche 151 Quadr.-F.	3942	5722	5764	5794	1
Verdampfung in 1 Stunde . . . 44 Cubikfufs.	4356	5354	5397	5427	1
	4849	—	5012	5042	1
	5322	—	—	4722	1

Wir erinnern hier, dafs, wie schon oben bemerkt, die Spannung der Dämpfe blofs auf die Gröfse der Ladung Einflufs hat, und fast gar keinen Einflufs auf die Geschwindigkeit. Dieses Resultat ist den Principien ganz gemäfs. Denn es betrage z. B. die zur Fortbewegung der Ladung nothwendige Spannung der Dämpfe gegen den Kolben 46 Pfd. auf

den Quadratzoll, so hat es offenbar, wenn der Dampf sonst nur von dieser Spannung durch die Heitzfläche in hinreichender Menge erzeugt wird, auf die Bewegung nur wenig Einfluſs, ob der Dampf im Kessel zuerst mit 75, oder mit 65 Pfd. Spannung, oder wie stark sonst, aufgesammelt gewesen sein mag. Sobald er zu wirken anfängt, muſs er auf irgend eine Weise auf die Spannung von 46 Pfd. auf den Quadratzoll zurückkommen, und die Geschwindigkeit hängt nur bloſs von der Masse Dampf von 46 Pfd. Spannung ab, die der Kessel liefert. Ein geringer Vortheil einer stärkeren Spannung liegt darin, daſs weniger Feuerung nöthig ist; wobei aber nicht etwa mehr Wasser, sondern nur das nemliche Wasser in Dampf von stärkerer Spannung verwandelt wird.

Die obigen Tafeln zeigen die von einer Maschine von gegebenen Abmessungen zu erwartende Wirkung an, sowohl was die Geschwindigkeit als was die Ladung betrifft. Nur kann die Wirkung nur dann erlangt werden, wenn die Maschine alle ihre Kraft zu entwickeln vermag. Wenn dagegen z. B. das Feuer nicht kräftig genug ist, so wird nicht Wasser genug verdampft werden, und die Wirkung der Maschine wird abnehmen. Ist die Maschine nicht in gutem Stande, und verliert etwa durch Lecken im Kessel, oder an den Kolben oder Ventilen, oder sonst wo Dampf, so wird offenbar ihre Wirkung ebenfalls geschwächt werden.

Läſst man durch Verkleinerung der Öffnung des Regulators bloſs einen Theil der Dämpfe in die Cylinder gelangen, so wird, weil der Kessel fortfährt, die nemliche Menge Dampf zu liefern, mehr Dampf durch die Ventile, ohne Wirkung auf die Kolben, verloren gehen. Wenn alsdann das Feuer abnimmt, weil weniger Dampf durch den Schornstein ausströmt, so wird weniger Dampf erzeugt werden, welches dann wieder Einfluſs auf die Geschwindigkeit hat. Dieser Fall kommt bei kleineren Ladungen vor. Man darf die Geschwindigkeit nicht ohne Gefahr verhältniſsmäſsig zu sehr zunehmen lassen. Sobald der Führer des Wagens bemerkt, daſs die Fahrt gar zu schnell geht. verschlieſst er mehr den Regulator, und mäſsigt das Feuer, um die Geschwindigkeit zu mäſsigen. Bei allen hier unten folgenden Versuchen werden wir sehen, daſs nur einmal die Geschwindigkeit auf 7½ Meilen in der Stunde stieg; welches die gröſste Geschwindigkeit ist, die man bis jetzt die Dampfwagen hat erreichen lassen, einzelne kurze Zeiträume ausgenommen.

In den obigen Tafeln ist das Maximum der Ladung, unter gegebener Dampfspannung, der Bedingung gemäſs bestimmt worden, daſs der

Widerstand der Kolben nicht gröfser sei als die bewegende Kraft; wie schon bemerkt. Wir sehen nun, dafs Cylinder von 10,68 Zoll Durchmesser, unter 61,6 Pfd. wirksamen Druck auf den Quadratzoll, eine Geschwindigkeit von 5769 Ruthen, und Cylinder von 11,65 Zoll Durchmesser, unter 56,4 Pfd. Spannung, eine Geschwindigkeit von 5128 Ruthen in der Stunde aufrecht zu erhalten vermögen. Diese Geschwindigkeiten sind die, wenn die Maschine in ihrem richtigen Stande wirkt, nemlich wenn das Ventil auf 61,6 oder 56,4 Pfd. Spannung gestellt ist. Sollte es dagegen geschehen, dafs, während das Ventil blofs auf 51,3 Pfd. Spannung gestellt ist, eine Spannung von 61,6 oder 56,4 Pfd. durch eine aufserordentliche Hebung des Ventils oder einen Stofs ausströmenden Dampfes hervorgebracht würde, nemlich in dem Falle, wenn der über 51,3 Pfd. Druck hinaus entwickelte Dampf nicht so schnell entweichen kann, als er erzeugt wird: so ist klar, dafs dann, obgleich die Dampf-Erzeugungskraft des Kessels die nemliche bleibt, der wirksame Theil dieser Kraft, und folglich auch die Geschwindigkeit, beträchtlich vermindert werden wird. Dieser Umstand ist die Ursache, dafs zuweilen bei den Versuchen die Geschwindigkeiten um $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Meilen in der Stunde abnahmen. Alsdann mufs der Stand des Ventils beobachtet werden. Man wird daraus finden, dafs die Erhöhung der Spannung blofs aus einem ungeheuren Verlust an Dampf entstand, und es wird leicht sein, durch Heben des Ventils die Ursache der Veränderung der Geschwindigkeit zu entdecken.

Für den Fall des Maximums der Ladung mufs der Dampf offenbar mit der nemlichen Spannung dem Cylinder entströmen, mit welcher er im Kessel erzeugt wird, und die Geschwindigkeit des Kolbens mufs derjenigen gleich sein, mit welcher der Dampf entsteht. Dieser Umstand ist in §. 55. allgemein gezeigt worden. Man kann noch eine Probe davon erhalten, wenn man die Geschwindigkeit berechnet, mit welcher der in einer Minute erzeugte Dampf den Cylinder durchströmen mufs, ohne Veränderung oder Verminderung seiner Spannung. Diese Geschwindigkeit, wird man finden, stimmt mit derjenigen, welche die Tafel angiebt. Dieses giebt also den Beweis, dafs die Spannung im Cylinder, wenn die Maschine mit jener Geschwindigkeit sich fortbewegt, der im Kessel gleich sein mufs.

Diese Fälle des Maximums der Ladung sind diejenigen, welche wir benutzt haben, um die Reibung der beladenen Maschinen zu finden, und wir sahen dabei den Beweis des Satzes, welchen wir zum Grunde

gelegt haben, nemlich, daſs, wenn die Geschwindigkeit weniger als 5128 Ruthen in der Stunde beträgt, die Spannung im Cylinder der im Kessel gleich ist.

Noch ist zu bemerken, daſs bei den Maschinen immer noch ein kleiner Verlust Statt findet, der nicht in Rechnung gebracht worden ist, nemlich, der Verlust desjenigen Dampfes, der bei jedem Kolbenlaufe die Canäle von dem Schiebeventile nach den Cylindern hin füllt. Es würde leicht sein, diesen Verlust in Rechnung zu bringen; man dürfte nur den Durchmesser und die Länge der Canäle ausmessen. Aber der Verlust ist zu unbedeutend, und die Rechnung würde nur ohne verhältniſsmäſsigen Nutzen erschwert und verwickelter gemacht werden.

Abschnitt VII.

Bestätigung der Formeln durch Versuche.

§. 67.

Versuche über die Geschwindigkeiten und die Ladung der Maschinen.

Zur Bestätigung der obigen Formeln, und um den Leser in den Stand zu setzen, seine Berechnungen auf Thatsachen zu gründen, theilen wir hier die Resultate einer Reihe von Versuchen mit, welche wir angestellt haben, um durch Erfahrung die Geschwindigkeit zu finden, mit welcher die Dampfwagen, in ihrem täglichen und regelmäſsigen Dienste, bestimmte Ladungen, unter bestimmter Spannung der Dämpfe, fortziehen.

Diese Versuche wurden auf der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester angestellt. Die Gefälle der Bahn sind durch den Ingenieur Herrn *Dixon* im August 1833 nivellirt worden. Wir geben sie, so weit die Bahn von den Dampfwagen befahren wird. Dieselbe hat noch auſserdem, unter der Stadt Liverpool, drei Tunnels, in welchen aber die Ladungen von feststehenden Dampfmaschinen fortgezogen werden.

Die Abhänge sind, von Liverpool aus nach Manchester zu, folgende:

226,5	Ruthen lang	horizontal,
2234,8	- - -	1 auf 1094 fallend,
628,1	- - -	1 auf 96 steigend,
799,0	- - -	horizontal,
594,0	- - -	1 auf 89 fallend,
1029,8	- - -	1 auf 2762 fallend,
2820,2	- - -	1 auf 849 fallend,
2401,4	- - -	1 auf 1300 steigend,
1863,0	- - -	1 auf 4257 steigend,
12596,8	Ruthen zusammen.	

Die Ladungen setzen also der Zugkraft, der Abhänge wegen, einen verschiedenen Widerstand entgegen. Durch das Gewicht der in Bewegung gesetzten Masse wird der Zug beim Fallen der Bahn erleichtert, beim Steigen erschwert.

Wenn z. B. eine Ladung von 2000 Ctr. fortgezogen wird, so sind dazu auf horizontaler Bahn, außer der Reibung im Dampfwagen, $\frac{8}{2240}.2000 = 7{,}14$ Ctr. Zugkraft nöthig. Gelangt nun der Wagenzug an eine Steigung von 1 auf 96, so kommen zu dieser Zugkraft $\frac{2000}{96} = 20{,}71$ Ctr. hinzu, und wenn der Dampfwagen selbst 200 Ctr. wiegt, noch $\frac{200}{96} = 2{,}07$ Ctr. Im Ganzen also sind, den Abhang hinauf, $7{,}14 + 20{,}71 + 2{,}07 = 29{,}92$ Ctr. Zugkraft, ohne die Reibung in dem Dampfwagen nöthig, und es ist so viel, als wenn der Dampfwagen auf horizontaler Bahn $\frac{2240}{8}.29{,}92 = 8377$ Ctr. fortzuziehen hätte.

Auf diese Weise ist die Ladung berechnet worden, welche die Maschinen auf den verschiedenen Abhängen fortzuschaffen hatten.

In der zweiten Spalte der Tafeln ist die Spannung im Kessel angegeben; zuerst nach dem Stande der Federwage, und dann nach der Quecksilberwage. Also: z. B., wenn die Wage auf 57 gestellt war, und bis zum Blasen auf 58 stieg, ist 57 — 58 geschrieben worden. Und da bei dem *Atlas* z. B. der Stand der Federwage einem wirksamen Drucke von 61 Pfd. Engl. an der Mercurial-Wage entspricht, so haben wir 57 — 58 = 62,6 Pfd. (61 Pfd. Engl. auf den Engl. Quadratzoll) geschrieben.

Wir haben ferner den Stand des Regulators angezeigt. Doch ist hierbei zu bemerken, daſs wir, da der Griff des Regulators bei den Maschinen nicht auf einem graduirten Kreise sich bewegt, wie es sein sollte, den Grad der Öffnung des Regulators bloſs nach der Ansicht, näherungsweise haben schätzen können.

Die Geschwindigkeiten sind sehr genau beobachtet worden, indem man die Minuten und Viertelminuten anmerkte, wo der Dampfwagen die Viertelmeilensteine der Straſse passirte. Diese Viertelmeilensteine sind, längs der Straſse, numerirt. Zugleich notirte man immer die Dampfspannung im Kessel, nach der Wage am Ventil.

Das Gewicht der Wagen wurde genau, bis auf Pfunde, gewogen. Die Munitionswagen wurden nicht gewogen; aber ihr Gewicht ist im Durchschnitt zu 108,4 Ctr. angesetzt, wenn sie am Wege Wasser eingenommen hatten; sonst zu 98,5 Ctr.

Wir haben auch die Witterung angemerkt, weil bekanntlich mehr Zugkraft nöthig ist, wenn der Wind der Fahrt entgegen bläset, oder gar von der Seite, so dafs er die Radspurkränze gegen die Schienen drückt.

Endlich haben wir die Temperatur des Wassers im Munitionswagen angemerkt, damit man über den Einflufs derselben urtheilen könne. Auch ist das Datum der Versuche angezeigt worden.

Versuche über die Geschwindigkeit und die Ladung der Dampfwagen.

Anmerk. L. M. bedeutet, von Liverpool nach Manchester.
M. L. - - von Manchester nach Liverpool.
St. - - Steigen.
F. - - Fallen.

Datum des Versuches.	Dauer der Fahrt. Der Fahrt selbst. Min.	Des Aufenthalts. Min.	Zusammen. Min.	Zahl der beladenen Wagen.	Zahl der leeren Wagen.	Munitionswagen.	Gewicht. Ctr.	Richtung der Fahrt.	Gefälle der Strafse. 1 auf	Reducirte Ladung. Ctr.	Geschwindigkeit auf 1 Stunde. Ruthen.	Stand der Wage.	Wirksamer Druck auf den Quadratzoll. Pfd.	Stand des Regulators.
Versuche mit dem Atlas. In dieser Maschine ist der Durchmesser der Cylinder 11,65 Zoll, die Länge des Kolbenlaufes 15,54 Zoll, der Durchmesser der Räder 4 Fufs 10,27 Zoll; von den 6 Rädern des Wagens sind 4 gekuppelt. Der Wagen wiegt 224,7 Ctr. Die Reibung in demselben beträgt 147 Pfd. Die Heitzfläche beträgt in der Esse 53,8 und in den Röhren 199,6 Quadratfufs.														
1834. 14. Juli.	91	19	110	25	—	—	2345,5	L. M.	hor.	2444	7324	57—58	62,60	¾
						1	108,4		F. 1094	1774	9039	57	61,58	¾
							2453,9		F. 849	1577	10136	57—60	64,66	¾
									St. 1300	3035	8012	57—59,5	64,14	¾
									St. 4257	2621	7644	57—58	62,60	¾
Anmerkung. Die Maschine wurde an der Rampe von 1 auf 96 durch 3 andere Dampfwagen mit 10,68zölligen Cylindern unterstützt. Das Wetter war heiter und ruhig, das Wasser im Munitionswagen kalt.														
16. Juli.	85	5	90	20	—	—	1956,3	L. M.	hor.	2070	6410	50—51	55,42	¾
						1	108,4		F. 1094	1478	9157	50—51	55,42	¾
							2064,7		F. 849	1321	10712	50—52	56,45	¾
									St. 1300	2543	9674	50—51,25	55,68	1
									St. 4257	2208	8388	50	54,39	¾
17. Juli.	87	3	90	15	—	—	1289,1	L. M.	hor.	1399	8546	50	54,39	½
						1	108,4		F. 1094	986	10486	50—51	55,42	½
							1397,5		F. 849	867	11165	50	54,39	½
									St. 1300	1754	9191	50—52	56,45	½
									St. 4257	1498	8892	50	54,39	½

Y 2

Datum des Versuches.	Dauer der Fahrt. Der Fahrt selbst. Min.	Des Aufenthalts. Min.	Zusammen. Min.	Zahl der beladenen Wagen.	Zahl der leeren Wagen.	Munitionswagen.	Gewicht. Ctr.	Richtung der Fahrt.	Gefälle der Strafse. 1 auf	Reducirte Ladung. Ctr.	Geschwindigkeit auf 1 Stunde. Ruthen.	Stand der Wage.	Wirksamer Druck auf den Quadratzoll. Pfd.	Stand des Regulators.
1834. 17. Juli.	86	3	89	3	8	—	442,5	M. L.	F. 4257	512	11311	50—51	55,42	$\frac{1}{3}$
						1	98,6		F. 1300	434	13430	50—50,5	54,91	$\frac{1}{3}$
							541,1		St. 849	710	11934	50—52	56,45	$\frac{1}{3}$
									St. 89	2247	6410	50—53	57,47	1
23. Juli.	182	15	197	40	—	—	3745,0	L. M.	hor.	3863	3944	50—50,5	54,91	1
						1	108,4		F. 1094	2799	6033	50	54,39	1
							3853,4		F. 849	2503	6927	50	54,39	1
									St. 1300	4730	3418	50—51,75	56,45	1
									St. 4257	4119	2508	50—51,5	55,93	1
23. Juli.	—	—	—	8	—	—	668,2	M. L.	St. 89	3922	2564	50—52	56,45	1
						1	108,4							
							776,6							
31. Juli.	104	52	156	14	—	—	1202,3	L. M.	hor.	1321	8546	30	34,38	1
						1	98,6		F. 1094	1163	9324	30	34,38	1
							1300,9		F. 849	1045	9939	30—30,33	34,89	1
									St. 1300	1892	8439	25—27,75	31,81	1
									St. 4257	1656	6051	20—21,5	26,17	1
31. Juli.	114	—	114	8	4	—	692,8	M. L.	hor.	788	6999	20—23	27,97	1
						1	98,6		F. 4257	729	8345	20—20,5	25,66	1
							791,4		F. 1300	572	9828	20—20,75	25,91	1
									St. 849	1123	6871	20—20,75	25,91	1
									St. 89	3981	3205	45—47,5	52,34	1
									St. 1094	1045	6744	20—20,25	25,40	1
4. August.	118	—	118	25	—	—	2417,3	L. M.	hor.	2524	6410	50	54,39	1
						1	98,6		F. 1094	1813	7324	50	54,39	1
							2515,9		F. 849	1616	8768	50	54,39	1
									St. 1300	3114	6572	50—50,5	54,91	1
									St. 4257	2700	6512	50	54,39	1
4. August.	—	—	—	9	7	—	764,0	M. L.	St. 89	4317	1602	57—58,75	63,37	1
						1	108,4							
							872,4							

Versuche mit der Fury. In dieser Maschine ist der Durchmesser der Cylinder 10,68 Zoll, die Länge des Kolbenlaufs 15,54 Zoll, der Durchmesser der Räder 4 Fufs 10,27 Zoll. Der Wagen wiegt 161,63 Centner. Die Reibung in demselben beträgt 105,50 Pfd. Die Heitzfläche beträgt in der Esse 31,00 und in den Röhren 289,90 Quadratfufs.

														$\frac{3}{4}$
24. Juli.	90	—	90	10	—	—	1008,4	L. M.	hor.	1104	7324	31—32	56,45	$\frac{3}{4}$
						1	98,6		F. 1094	788	7691	31—32	56,45	1
							1107,0		St. 96	4809	2696	32—35	67,22	$\frac{3}{4}$
									F. 849	690	9998	31—32	56,45	$\frac{3}{4}$
									St. 1300	1380	9324	31—32,5	56,96	$\frac{3}{4}$
									St. 4257	1183	9089	31—32	56,45	$\frac{3}{4}$

Datum des Versuches.	Dauer der Fahrt. Der Fahrt selbst. Min.	Dauer der Fahrt. Des Aufenthalts. Min.	Dauer der Fahrt. Zusammen. Min.	Zahl der beladenen Wagen.	Zahl der leeren Wagen.	Munitionswagen.	Gewicht. Ctr.	Richtung der Fahrt.	Gefälle der Strafse. 1 auf	Reducirte Ladung. Ctr.	Geschwindigkeit auf 1 Stunde. Ruthen.	Stand der Wage.	Wirksamer Druck auf den Quadratzoll. Pfd.	Stand des Regulators.
1834. 24. Juli.	95	—	95	10	—	—	863,3	M. L.	hor.	966	7478	31—32	56,45	¾
						1	98,6		F. 4257	887	9157	31—32	56,45	¾
							961,9		F. 1300	710	9401	31—32	56,45	¾
									St. 849	1340	7956	31—32	56,45	¾
									St. 89	4494	6410	32—36	68,76	1
									St. 1094	1242	7888	31—32	56,45	¾
4. August.	75	9	84	8	—	—	649,9	M. L.	hor.	749	10683	28—30	53,88	1
						1	98,6		F. 4257	690	10986	28—31	55,42	1
							748,5		F. 1300	552	11511	28—30,25	54,39	1
									St. 849	1045	10516	28—30	53,88	1
									St. 89	3607	5696	28—33	56,45	1
									St. 1094	986	10606	28—30	53,88	1
15. Aug.	—	—	—	28	—	—	2616,2	M. L.	hor.	2720	4662	31—32,5	56,96	1
						1	108,4		St. 1094	3469	5696	31—32,5	56,96	1
							2724,6							

Versuche mit der Firefly. In dieser Maschine ist der Durchmesser der Cylinder 10,68 Zoll, die Länge des Kolbenlaufs 17,48 Zoll, der Durchmesser der Räder 4 Fufs 10,27 Zoll. Der Wagen wiegt 172,27 Ctr. Die Reibung in demselben beträgt 115,18 Pfd. Die Heitzfläche beträgt in der Esse 41,41 und in den Röhren 341,98 Quadratfufs.

26. Juli.	95	5	100	8	—	—	717,5	L. M.	hor.	808	10255	17	51,31	1
						1	98,6		F. 849	493	10875	15	46,18	1
							816,1		St. 1300	1025	9097	15	46,18	1
									St. 4257	887	9114	11	35,92	1
26. Juli.	78	5	83	8	—	—	717,5	M. L.	hor.	808	10986	17—18	51,65	½
						1	98,6		F. 4257	749	10118	15	46,18	½
							816,1		F. 1300	611	10443	17—18	51,65	½
									St. 849	1143	10016	17—18,5	51,82	½
									St. 1094	1064	10606	17	51,31	½

Versuche mit der Vesta. In dieser Maschine ist der Durchmesser der Cylinder 10,80 Zoll, die Länge des Kolbenlaufs 15,54 Zoll, der Durchmesser der Räder 4 Fufs 10,27 Zoll. Der Wagen wiegt 171,68 Centner. Die Reibung in demselben beträgt 181,00 Pfd. Die Heitzfläche beträgt in der Esse 43,38 und in den Röhren 341,98 Quadratfufs.

1. August.	82	30	112	10	—	—	861,7	L. M.	hor.	966	10255	20—21,5	53,37	1
						1	98,6		F. 1094	670	12430	20—21	51,31	1
							960,3		F. 849	591	11537	20—21	51,31	1
									St. 1300	1202	10067	20—21,5	53,37	1
									St. 4257	1025	10986	20—21	51,31	1
1. August.	65½	—	65½	5	5	—	554,8	M. L.	hor.	650	12392	20—21	51,31	1
						1	98,6		F. 4257	591	12819	20—21	51,31	1
							653,4		F. 1300	473	14844	20—21	51,31	1
									St. 849	926	12362	20—21	51,31	1
									St. 89	3252	6029	20—22,5	56,45	1
									St. 1094	867	12306	20—21	51,31	1

Datum des Versuches.	Dauer der Fahrt. Der Fahrt selbst. Min.	Des Aufenthalts. Min.	Zusammen. Min.	Zahl der beladenen Wagen.	Zahl der leeren Wagen.	Munitionswagen.	Gewicht. Ctr.	Richtung der Fahrt.	Gefälle der Strafse. 1 auf	Reducirte Ladung. Ctr.	Geschwindigkeit auf 1 Stunde. Ruthen.	Stand der Wage.	Wirksamer Druck auf den Quadratzoll. Pfd.	Stand des Regulators.
1834.														
16. Aug.	102	70	172	20	—	—	1741,4	M. L.	hor.	1853	6410	20—21,5	53,37	1
						1	108,4		F. 4257	1715	7888	20—22	54,65	1
							1849,8		F. 1300	1399	10255	20—22	54,65	1
									St. 849	2543	5170	20—22,5	56,45	1
									St. 1094	2385	8012	20—21,5	53,37	1
16. Aug.	—	—	—	8	—	—	629,7	M. L.	St. 89	3607	1389	20—23,5	59,53	1
						1	108,4							
							738,1							
16. Aug.	—	—	—	8	4	—	671,1	M. L.	St. 89	3725	1282	20—23	57,99	1
						1	98,6							
							769,7							

Versuche mit dem Leeds. In dieser Maschine ist der Durchmesser der Cylinder 10,68 Zoll, die Länge des Kolbenlaufs 15,54 Zoll, der Durchmesser der Räder 4 Fufs 10,27 Zoll. Der Wagen wiegt 139,35 Centner. Die Reibung in demselben beträgt 104,53 Pfd. Die Heitzfläche beträgt in der Esse 32,60 und in den Röhren 289,90 Quadratfufs.

Datum	Der Fahrt selbst	Des Aufenthalts	Zusammen	Zahl der beladenen Wagen	Zahl der leeren Wagen	Munitionswagen	Gewicht	Richtung	Gefälle	Reducirte Ladung	Geschwindigkeit	Stand der Wage	Wirksamer Druck	Stand des Regulators
15. Aug.	95	—	95	20	—	—	1642,7	L. M.	hor.	1735	7803	31—32,75	56,29	¾
						1	98,6		F. 1094	1261	8854	31—32	55,42	¾
							1741,3		F. 849	1123	10255	31—32	5542,	¾
									St. 1300	2148	8691	31—32	55,42	¾
									St. 4257	1872	8042	31—32	55,42	¾
15. Aug.	77½	3	80^{1}	8	—	—	677,6	M. L.	F. 4257	729	10486	28—30	52,85	¾
Erste Hälfte des Weges						1	108,4		F. 1300	591	12819	25—27	47,72	¾
							786,0		F. 849	1084	10815	25—27	47,72	¾
				7	—	—	584,4		hor.	690	9614	25—27	47,72	¾
Zweite Hälfte des Weges						1	108,4		St. 89	3311	4273	28—29	49,78	1
							692,8		St. 1094	907	10986	28—32	55,42	¾
15. Aug.	89	36	125	7	—	—	660,7	L. M.	hor.	749	9319	25—28	48,75	¾
						1	98,6		F. 1094	532	12430	31—32	55,42	¾
							759,3		F. 849	453	12375	25—28	48,75	¾
									St. 1300	946	9157	15—16	29,76	¾
									St. 4257	808	8012	25—27	47,72	¾

Versuche mit dem Vulcan. In dieser Maschine ist der Durchmesser der Cylinder 10,68 Zoll, die Länge des Kolbenlaufs 15,54 Zoll, der Durchmesser der Räder 4 Fufs 10,27 Zoll. Der Wagen wiegt 164,38 Centner. Die Reibung in demselben beträgt 131,64 Pfd. Die Heitzfläche beträgt in der Esse 32,49 und in den Röhren 289,90 Quadratfufs.

Datum	Der Fahrt selbst	Des Aufenthalts	Zusammen	Zahl der beladenen Wagen	Zahl der leeren Wagen	Munitionswagen	Gewicht	Richtung	Gefälle	Reducirte Ladung	Geschwindigkeit	Stand der Wage	Wirksamer Druck	Stand des Regulators
22. Juli.	—	—	—	9	—	—	671,5	M. L.	St. 89	3706	4894	31—36	59,01	1
						1	98,6							
							770,1							
22. Juli.	—	—	—	9	—	—	715,9	L. M.	St. 96	3666	8012	31—36	59,01	1
						1	98,6							
							814,5							

Diese Versuche werden nun besser als alles Raisonnement zeigen, was man von Dampfwagen in ihrem gewöhnlichen täglichen Dienst erwarten darf. Deshalb haben wir die obige Zusammenstellung derselben mitgetheilt.

Man wird eine Übereinstimmung der berechneten Geschwindigkeiten mit den beobachteten bemerken.

§. 68.

Geschwindigkeit für den gröfsten Nutz-Effect.

Wir haben oben §. 60. (2.) gesehen, dafs die Ladung, welche eine Maschine mit einer bestimmten Geschwindigkeit V fortzuziehen vermag, durch

$$M = \frac{mSPD - 144\,d^2 l V}{144(\delta + n)VD} - \frac{F}{\delta + n}$$

ausgedrückt wird. Wenn man diesen Ausdruck mit V multiplicirt, so ergiebt sich

$$MV = \frac{mSPD - 144\,d^2 l \varrho V}{144(\delta + n)D} - \frac{FV}{\delta + n}.$$

Das Product MV, nemlich die Ladung multiplicirt mit der Geschwindigkeit, mit welcher sie fortgezogen wird, drückt den Nutz-Effect der Maschine für die Zeit-Einheit aus. Wir sehen aus der Formel, dafs dieser Nutz-Effect um so gröfser ist, je langsamer sich die Ladung bewegt; denn die Geschwindigkeit V kommt blofs in den negativen Gliedern vor. Da nun aber andererseits die Maschine ohne bedeutenden Verlust nicht langsamer fahren darf, als mit derjenigen Geschwindigkeit, welche der Erzeugung des Dampfes im Kessel entspricht, so folgt, dafs der gröfste Nutz-Effect bei eben dieser Geschwindigkeit erreicht wird.

Sehen wir in der obigen Tafel nach, so finden wir durch die Erfahrung bestätigt, was die Rechnung giebt, nemlich dafs der gröfste Nutz-Effect der kleinsten Geschwindigkeit entspricht.

Man nehme z. B. einen Dampfwagen mit 10,68zölligen Cylindern, der 10 Stunden täglich im Dienste sein soll. Mit seiner gröfsten Geschwindigkeit, von 12819 Ruthen auf die Stunde, und einer wirksamen Dampfspannung im Kessel von 51,3 Pfd. auf den Quadratzoll, wird dieser Wagen im Stande sein, 985 Ctr. fortzuziehen: mit der geringsten Geschwindigkeit dagegen, unter gleicher Dampfspannung im Kessel, 3154 Ctr.

Im ersten Fall also wird der Wagen 985 Ctr. in 10 Stunden 128190 Ruthen weit oder $\frac{985.128190}{2000}$ = 63134 Ctr. 1 Meile weit, im andern Falle, mit 6623 Ruthen Geschwindigkeit auf die Stunde, 3154 Ctr., also in 10 Stunden $\frac{3154.66230}{2000}$ = 104445 Ctr. 1 Meile weit, also nahe an die Hälfte mehr fortzuschaffen im Stande sein.

Es ist daher wesentlich vortheilhaft, die Dampfwagen so einzurichten, dafs sie die möglich-gröfsten Ladungen mit der kleinsten Geschwindigkeit fortschaffen. Der obige Unterschied der beiden Wirkungen würde noch etwas gröfser ausfallen, wenn man von der Ladung das Gewicht des Munitionswagens abzöge, welches, rücksichtlich des Nutz-Effects, zu dem Dampfwagen, nicht zu der Ladung gehört.

Es versteht sich übrigens, dafs, wenn eine möglichst grofse Geschwindigkeit zur Bedingung gemacht wird, wie z. B. da, wo es insbesondere auf die Fortschaffung von Personen ankommt: dafs dann die Regel nicht weiter berücksichtigt werden kann. Wir sprechen hier blofs theoretisch.

Der Unterschied, welchen wir in den beiden obigen Fällen beim Nutz-Effecte fanden, rührt daher, dafs der der Maschine entsprechende Widerstand fast der nemliche bleibt, sie mag sich 128190 oder 66230 Ruthen weit fortbewegen. Eben so verhält es sich mit dem Gegendrucke der Luft auf die Kolben, welcher einen Theil des Widerstandes ausmacht. Wenn die Maschine z. B. in dem einen Falle doppelt so weit sich fortbewegt als in dem andern, so müssen natürlich die Kolben im ersten Falle doppelt so oft hin und her sich bewegen als in dem andern; und da nun bei jedem Kolbenlaufe der Gegendruck der Luft auf die Kolben überwunden werden mufs, so verhält sich der zur Überwindung dieses Drucks nöthige Kraft-Aufwand in den beiden Fällen wie 128190 zu 66230, das heifst, er steht, eben wie die zur Bewegung der Maschine nöthige Kraft, in dem Verhältnisse der Geschwindigkeit der Bewegung. Dieses ist ein neuer Beweis, dafs man bei der Berechnung der Wirkung der Maschinen nicht, wie es gewöhnlich geschieht, in allen Fällen den Druck der Luft aufser Acht lassen darf. Solches darf blofs dann ohne Irrthum geschehen, wenn es nicht auf die Geschwindigkeit der Bewegung ankommt.

Wenn man hie und da auf Berechnungen der Kraft von Dampfwagen oder anderen Dampfmaschinen stöfst, welche von verlorner Kraft sprechen, und wo es dann scheint, dafs diese Maschinen in der Wirklich-

keit nur ein Drittheil oder Viertheil Desjenigen leisten, was man theoretische Kraft nennt, welche Meinung jetzt schon so allgemein geworden ist, daſs man zu sagen pflegt, die practische Pferdekraft sei nur der dritte Theil der theoretischen: so kommt dieses bloſs daher, daſs die theoretische Kraft falsch berechnet wurde. Es sind dann nicht alle oben erwähnten Umstände gehörig in Betracht gezogen worden. Man hat dann den Gegendruck der Luft auf die Kolben auſser Acht gelassen; ferner den Widerstand der Maschine selbst, und dessen zu der Ladung im Verhältniſse stehende Zunahme; vorzüglich aber hat man den Druck auf die Kolben der Spannung des Dampfes im Kessel gleich gesetzt, was, wie wir gesehen haben, bei weitem anders sein kann. So, bei so vielen Ursachen von Fehlern, ist es dann nicht zu verwundern, daſs man auf Resultate kam, welchen die Erfahrung widersprach, und daſs nicht auch Jemand gute Maschinen sollte haben bauen können, der ihre Wirkungen nicht genau zu berechnen verstand. Bringt man dagegen, wie gehörig, alle Widerstände in Rechnung, so wie die Geschwindigkeit der Puncte, auf welche sie wirken; setzt man den Druck im Cylinder so groſs wie er wirklich ist, anstatt an seine Stelle eine andere Kraft: so wird man finden, daſs auch bei den Dampfmaschinen alle Kraft ihre Wirkung leistet und daſs nicht das geringste davon verloren geht.

Sechstes Capitel.

Von verschiedenen Nebentheilen der Dampfwagen und ihren Wirkungen.

Abschnitt I.

Vom Regulator.

§. 69.

Wirkung des Oeffnens des Regulators.

Der Nebendinge oder Vorrichtungen, welche einen mehr oder weniger beträchtlichen Einfluſs auf die Wirkung von Dampfwagen haben, und welche folglich näher betrachtet werden müssen, sind insbesondere drei: der Regulator, das Blaserohr, und das Voreilen des Gleitventils; von welchen wir nun der Reihe nach reden wollen.

Wir haben schon bemerkt, daſs die Röhre von dem Kessel nach den Cylindern ganz oder theilweise vermittelst eines Hahns oder Regulators verschlossen werden kann. Wenn der Regulator ganz offen ist, so strömt der Dampf so frei in die Cylinder, als es der Querschnitt der Röhre, durch welche er gehen muſs, gestattet. Dann ist die Geschwindigkeit so groſs, als es bei der Dampf-Erzeugungskraft der Maschine möglich ist. Wird vermittelst des Regulators die Durchgangs-Oeffnung für den Dampf ein wenig verkleinert, so mag der Dampf im Anfange geschwinder strömen, und so noch aller erzeugte Dampf entweichen. In diesem Falle wird die Wirkung die nemliche bleiben wie vorhin. So lange der Durchgangs-Querschnitt nicht zu der Dampferzeugung auſser Verhältniſs ist, wird die Wirkung der Maschine nicht vermindert werden.

Fährt man indessen mit der Verengung der Durchgangs-Oeffnung fort, so wird sie zuletzt nothwendig so klein werden, daſs ein wesentliches Hinderniſs für die Zulassung des Dampfes entsteht. Von da an wird also bloſs ein Theil des im Kessel erzeugten Dampfes in die Cylinder gelangen können, und folglich wird in eben diesem Verhältniſs die Wirkung vermindert werden.

Wir haben die Dampfmasse, welche die Maschine in der Zeit-Einheit in die Cylinder zu liefern vermag, ihre w i r k s a m e Dampf-Erzeugungskraft genannt, und wir sehen nun, daſs die Stellung des Regulators eine Verminderung dieser Dampf-Erzeugungskraft zur Folge haben kann. Die obige Formel zeigt, warum die Kraft vermindert wird.

Die Erfahrung bestätigt es, daſs von einer Maschine eine und dieselbe Ladung mit verschiedener Geschwindigkeit fortgezogen werden kann, je nach der Verengung und Erweiterung der Oeffnung des Regulators. Darauf beruht die auf der Liverpooler Eisenbahn gewöhnliche Methode, zu verhindern, daſs leichte Ladungen mit gröſseren Geschwindigkeiten fortgetrieben werden, als es die Sorge für die Erhaltung der Maschine, der Fuhrwerke und der Bahn selbst gestatten. Diese Art die Geschwindigkeit zu reguliren ist in so weit gut, daſs man, wenn auf der Bahn irgend eine geringe Steigung oder sonst irgend ein Hinderniſs vorkommt, durch Oeffnen des Regulators und gleichzeitiges Anfachen des Feuers der Maschine wieder ihre volle Kraft zu geben und sie in Stand zu setzen vermag, das Hinderniſs ohne Verminderung der Geschwindigkeit zu übersteigen.

Es muſs also die Gröſse der Oeffnung des Regulators in Betracht gezogen werden, wenn man sich der Wirkung der Maschine vergewissern

will. Aus diesem Grunde haben wir bei dem obigen Bericht über unsere Versuche den Stand des Regulators angemerkt. Es wäre gut gewesen, wenn der Zeiger des Regulators einen graduirten Kreis gehabt hätte, um vermittelst desselben die Gröſse der Oeffnung genau zu messen und damit die Wirkung der Maschine zu vergleichen. Wegen des Mangels des graduirten Kreises konnte die Oeffnung nur näherungsweise geschätzt werden.

§. 70.

Von den Dampfröhren.

Berücksichtigt man ferner das, was die freie Bewegung des Dampfes betrifft, so zeigt sich, daſs von zwei, übrigens ganz ähnlichen Maschinen diejenige im Vortheil sein muſs, deren Dampfröhren einen gröſsern Querschnitt haben. Indessen ist es offenbar, daſs über eine gewisse Gröſse dieses Querschnitts hinaus, die für den Durchgang alles Dampfes, den der Kessel zu entwickeln vermag, und der für die gröſste Geschwindigkeit der Maschine hinreichend ist, nichts mehr durch die weitere Vergröſserung des Durchgangs-Querschnitts gewonnen werden kann. So kommt es denn, daſs, wie eben vorhin bemerkt wurde, der Durchgangs-Querschnitt bis zu einer gewissen Grenze ohne einen Verlust an der Wirkung sich verringern läſst; wenn nemlich der Querschnitt ursprünglich gröſser war, als nothwendig.

Die Erfahrung hat den angemessenen Querschnitt der Dampfröhren bestimmt, und der Erfolg würde ihn, wenn man nicht darauf achtete, bald anzeigen; denn sollte z. B. eine mit ihrer gröſsten Geschwindigkeit sich bewegende Maschine doch noch Dampf durch ihre Sicherheits-Ventile ausströmen lassen, so würde es ein Zeichen sein, daſs der Durchgangs-Querschnitt für die Dampf-Erzeugungskraft des Kessels zu klein sei.

§. 71.

Tafel der Maaſse der Dampfröhren einiger Liverpooler Dampfwagen.

Es giebt also für die Dampfröhren einen der Dampf-Erzeugungskraft der Maschinen und den Maaſsen des Kessels angemessenen Querschnitt. Wir geben daher hier den Durchmesser der Dampfröhren derjenigen Maschinen an, mit welchen wir experimentirt haben, so wie auch einiger anderen, deren Maaſse man im Anfange dieser Schrift findet. Die Dampfröhren, von welchen die Rede ist, sind diejenigen, welche den Dampf von dem Kessel nach den Gleitventil-Kammern leiten. Der Querschnitt der Röhren, welche ihn weiter in das Innere der Cylinder führen, hat die nemliche Gröſse, obwohl eine verschiedene Form, z. B.

1 Zoll Breite und 7 Zoll Länge; was den nemlichen Querschnitt giebt, wie eine kreisförmige Röhre von 3 Zoll Durchmesser.

Durchmesser der Dampfröhren einiger Dampfwagen auf der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester.

Namen der Dampfwagen und Zahl ihrer Construction.	Durchmesser des Cylinders.	Länge des Kolbenlaufs.	Heitzfläche für die strahlende Wärme.	Heitzfläche für die mitgetheilte Wärme.	Innerer Durchmesser der Dampfröhren	Anmerkungen.
	Zoll.	Zoll.	Quadratfuſs.	Quadratfuſs.	Zoll.	
Samson No. 13.	13,60	15,54	37,91	393,19	3,16	Diese Maschine wird jetzt hergestellt und bekommt 2,91zöllige Dampfröhren.
Goliath No. 15.	13,60	15,54	33,01	383,84	3,16	
Atlas No. 23.	11,65	15,54	53,82	205,49	3,16	
Vulcan No. 19.	10,68	15,54	32,56	289,90	3,40	
Fury No. 21.	10,68	15,54	31,00	289,90	3,40	
Vesta N. 24.	10,80	15,54	43,38	241,52	3,16	
Leeds No. 30.	10,68	15,54	32,60	289,90	3,40	
Firefly No. 31.	10,68	17,48	41,41	341,98	2,91	

Abschnitt II.

Vom Blaserohr.

§. 72.

Bei der Beschreibung eines Dampfwagens haben wir gesagt, daſs der Dampf, nachdem er in den Cylindern seine Wirkung gethan hat, in den Schornstein ausströmt. Dieses Ausströmen geschieht stoſsweise, durch eine aufwärts gebogene Röhre mit enger Mündung, welche mitten im Schornstein liegt. Fig. 5. zeigt dieselbe; sie ist das sogenannte Blaserohr.

Der Dampf, nachdem er die Luftsäule vor sich hergedrängt hat, welche den Eingang in den Schornstein füllt, läſst stoſsweise einen leeren Raum hinter sich. Dieser Raum wird unmittelbar von der äuſseren Luft wieder angefüllt, welche durch die Esse eindringt, um den Raum einzunehmen. Nach jedem solchen Stoſse, oder gleichsam Athemzuge, wird das Feuer und die Kraft der Hitze angefacht.

Diese Wirkung ist derjenigen zweier Blasebälge ähnlich, welche fortwährend das Feuer anblasen; und das auf die beschriebene Weise künstlich erzeugte Blasen in das Feuer ist für den Gang der Maschine so nothwendig, daſs dieselbe, wenn etwa zufällig das Blaserohr zerbrochen, verbrannt oder undicht geworden ist, sogleich unbrauchbar wird; woraus denn auch folgt, daſs der gewöhnliche Zug eines Schornsteins dagegen höchst matt ist.

Man sieht leicht, daſs die Heftigkeit des Luftstroms und das Anfachen des Feuers um so stärker sein wird, je enger die Mündung der Röhre ist. Es wird mittelst enger Röhren in der gleichen Zeit mehr Dampf erzeugt werden, und die Kraft der Maschine wird also zunehmen. Das Blaserohr ist daher ein wichtiger, bei einer Maschine zu berücksichtigender Gegenstand; denn so wie der Durchmesser des Rohrs verändert wird, ändert sich auch die Dampf-Erzeugungskraft des Kessels.

Bei den Dampfwagen, mit welchen wir unsere Versuche anstellten, beträgt der Durchmesser der Mündung des Blaserohrs 2,19 bis 2,43 Zoll, welches sein gewöhnliches Maaſs ist. Der *Leeds* macht indessen eine Ausnahme; der Durchmesser seines Blaserohrs beträgt nur 2,18 Zoll. Das Blaserohr des *Atlas* hatte bei allen Versuchen 2,85 Zoll Durchmesser, ausgenommen am 4ten August, wo man ihm 2,91 Zoll Durchmesser gab, um zu sehn, in wie weit sich dadurch die Wirkung der Maschine vermindern würde. Die Vergleichung dieses Versuchs gegen die übrigen mit der nemlichen Maschine zeigt, daſs die Geschwindigkeit etwa in dem Verhältniſs wie 17 zu 15 abnahm. Dieses Verhältniſs ist ungefähr das umgekehrte des Querschnitts der Mündung, also das gerade Verhältniſs der Geschwindigkeit der Ausströmung des Dampfes in den Schornstein. Auf diese Maaſse, als eins der Elemente der Wirkung, muſs also die Verdampfungskraft der Maschine bezogen werden.

Das allgemein angenommene Maaſs von 2,19 bis 2,43 Zoll für den Durchmesser der Mündung des Blaserohrs ist das, welches die Erfahrung gegeben hat. Es ist auf die Weise ermittelt worden, daſs man, ohne sonst der Ausströmung des Dampfes ein Hinderniſs entgegenzusetzen, die Mündung immerfort und so lange verengte, als eine Zunahme der Wirkung zu verspüren war, und damit innehielt, sobald die Zunahme aufhörte.

Für eine Mündung von 2,43 Zoll im Durchmesser, oder 4,72 Quadratzoll Fläche, für Cylinder von 10,86 Zoll Durchmesser oder 179 Quadratzoll Querschnitt, also in dem Falle, wenn die Mündung des Blaserohrs etwa der 38ste Theil des Cylinder-Querschnitts ist, wird folglich die Geschwindigkeit des in den Schornstein ausströmenden Dampfes, weil nothwendig aller Dampf entweichen muſs, etwa 38 mal so groſs sein, als die Geschwindigkeit des Dampfes in den Cylindern oder die Geschwindigkeit der Kolben, und folglich etwa 6½ mal so groſs als die Geschwindigkeit des Wagenzuges, welche etwa 6 mal so groſs ist als die der Kolben.

Die Wirkung des Blasens ist daher in dem Verhältnisse gröfser, wie es die Geschwindigkeit der Bewegung des Wagenzuges selbst ist. Legt z. B. derselbe 12 819 Ruthen in der Stunde zurück, so wird die Geschwindigkeit der Ausströmung 83 323 Ruthen in der Stunde oder 278 Fufs in der Secunde sein. Und da diese Geschwindigkeit nicht blofs durch das Bestreben des Dampfes, in die Luft auszuströmen, erzeugt werden kann: so mufs nothwendig für so grofse Geschwindigkeiten ein Theil der Kraft der Maschine selbst zur Austreibung des Dampfes, d. h. also zur Anfachung des Feuers in der Esse aufgewendet werden. Daraus, dafs auf diese Weise auf die Vermehrung der Wirkung wieder ein Theil der Kraft aufgeht, folgt denn, dafs es nothwendig eine Grenze geben mufs, wo der Verlust dem Gewinne gleich ist, und wo also der Gewinn aufhört. So erklärt sich, dafs die Erfahrung für die Verengung der Mündung des Blaserohrs nothwendig eine Grenze hat angeben müssen.

Abschnitt III.

Vom Voreilen des Gleit-Ventils.

§. 73.

Art und Wirkung des Voreilens.

Das Dritte, was wir zu untersuchen haben, ist das Voreilen des Gleitventils.

Bei der Beschreibung der verschiedenen Theile eines Dampfwagens haben wir gezeigt, dafs das Gleitventil es ist, was dem Dampfe abwechselnd den Zutritt vor und hinter die Kolben öffnet und verschliefst. Wenn die Maschine so regulirt wäre, wie es scheint, dafs sie es sein sollte, so würde das Gleitventil den Zugang für den Dampf so lange offen erhalten müssen, bis der Kolben den Boden des Cylinders erreicht hat. In diesem Augenblicke würde der Wechsel erfolgen müssen; die vorige Zugangs-Oeffnung würde verschlossen und die entgegengesetzte geöffnet werden müssen. Dann würde das Gleitventil genau der Bewegung des Kolbens folgen. Der Wechsel für beide würde strenge gleichzeitig sein.

Aber so ist es in der Wirklichkeit nicht. Man hat durch Erfahrung gefunden, dafs die Maschine eine gröfsere Geschwindigkeit erlangt, wenn das Gleitventil dem Kolben ein wenig **voreilt**, d. h. wenn es dem Dampfe den Zugang ein wenig **eher** öffnet, als es strenge genommen

sein müſste. Ist die Maschine auf diese Weise regulirt, so ist dem Dampfe der Zugang in dem Augenblicke, wo der Kolben seinen neuen Lauf beginnt, nicht erst zu öffnen, sondern schon ein wenig geöffnet worden. Dieses vorzeitige Oeffnen heiſst das Voreilen des Gleitventils, weil es in dem Verhältniſs erfolgt, wie das Ventil dem Kolben voreilt. Kommt z. B. das Gleitventil bei seiner Rückkehr dem Kolben um einen Viertelzoll zuvor, so wird der Dampf, wenn erst der Kolben den Boden des Cylinders berührt, schon einen Viertelzoll Oeffnung bereit finden.

Die Wirkung davon, sowohl auf die Geschwindigkeit, als auf die Ladung, müssen wir hier näher untersuchen.

Die gewöhnliche Art, die gröſsere Geschwindigkeit derjenigen Maschinen zu erklären, deren Gleitventile ein wenig voreilen, ist die, daſs man sagt, der Dampf sei in dem Augenblicke, wo der Kolben seinen Lauf beginnt, schon zu wirken bereit. Aber man sieht leicht, daſs, wenn der Dampf eher wirkt als der Kolbenlauf beginnt, seine Wirkung auch eher wieder aufhören werde, als der Kolbenlauf geendigt hat. Das Resultat würde bloſs sein, daſs was einerseits hinzukäme, andererseits wieder abginge. Diese Erklärung ist also unbefriedigend.

Dagegen giebt uns die obige Berechnungsart der Geschwindigkeit der Maschinen die gewünschte Erklärung von selbst.

Wenn nemlich der Wechsel der Zugänge für den Dampf, statt genau am Ende eines Kolbenlaufs zu erfolgen, unserer Voraussetzung gemäſs schon in dem Augenblicke vor sich geht, wo der Kolben noch einen Zoll von dem Boden des Cylinders entfernt ist, so strömt schon von diesem Augenblick an kein Dampf mehr in den Cylinder. In der That ist an der einen Seite der Zugang verschlossen: zwar ist er an der anderen offen; aber der Kolben, welcher nothwendig seinen Lauf vollenden muſs, preſst den Dampf in den Zugangsröhren zusammen, und er kann aus denselben nicht eher ausströmen, als bis der Kolben seine rückgängige Bewegung antritt. Auf diese Weise wird also, rücksichtlich des bei jedem Kolbenlauf in den Cylinder strömenden Dampfes, die Länge des Laufes wesentlich um einen Zoll vermindert. Wir haben §. 51. gesehen, daſs man, um die Geschwindigkeit des Kolbens zu finden, die Masse des im Kessel erzeugten Dampfes mit dem Querschnitte des Cylinders dividiren muſs, und daſs dann der Quotient die Geschwindigkeit giebt, mit welcher der Dampf durch die Cylinder strömen muſs; also die Geschwindigkeit des Kolbens.

So verhält es sich, wenn der Dampf ohne Unterbrechung ausströmen kann: aber wenn, wie es hier wirklich der Fall ist, der Dampfstrom bei jedem Kolbenlauf eine Unterbrechung erleidet, so ist offenbar für die Ausströmung der nemlichen Dampfmasse eine gröſsere Geschwindigkeit nothwendig. Es ist die Erzeugung des Dampfes im Kessel, was die Geschwindigkeit regulirt und begrenzt. Wenn also z. B. m Cylinder voll Dampf in der Minute erzeugt werden, und die Länge der mit Dampf zu füllenden Cylinder ist l, so werden, wenn von der nemlichen Dampfmasse jetzt nur $l - \beta$ lange Cylinder mit Dampf zu füllen sind, $m . \frac{l}{l-\beta}$ Cylinder in der Minute gefüllt werden. Die Geschwindigkeit der Kolben wird also im umgekehrten Verhältniſs der zu füllenden Länge der Cylinder zunehmen.

Wie wir sehen, ist also das Voreilen des Gleitventils für die Geschwindigkeit vortheilhaft. Dagegen ist ein Verlust an Kraft, und folglich an Ladung damit verbunden.

Es stelle *ED* Fig. 25. den Kolbenlauf vor; und zwar bewege sich der Kolben nach der Richtung des Pfeils. Es werde dem Dampfe der Zugang zum Kolben ein wenig eher abgeschnitten als er, wie wir weiter unten sehen werden, an der andern Seite sich öffnet. Der Kolben befindet sich in dem Augenblick, wo das Zuströmen des Dampfes an der Seite *E* unterbrochen wird, in *A*, und wenn das Ventil an der entgegengesetzten Seite *D* dem Dampfe den Zutritt öffnet, in *C*.

Es wird alsdann die bewegende Kraft in dem Augenblick aufhören, wo der Kolben den Punct *A* erreicht hat. Nachdem hierauf der Kolben seinen Lauf vermöge der erlangten Geschwindigkeit fortgesetzt und den Punct *C* erreicht hat, hat er nicht allein keinen Antrieb weiter von der bewegenden Kraft erhalten, sondern sogar von dem auf der entgegengesetzten Seite zugelassenen Dampfe einen Widerstand erlitten. Der Kolben kann indeſs nicht still stehen. Er muſs seinen Lauf vollenden. Er muſs also den neuen Dampf, der sich ihm widersetzt, zurücktreiben. Da hiezu eine Kraft, derjenigen gleich, nothwendig ist, welche der Dampf dem Kolben gegeben haben würde, so folgt, daſs durch den Raum *CD* hindurch nicht bloſs die Wirkung der bewegenden Kraft aufgehoben, sondern daſs selbst eine entgegengesetzte Kraft wirksam war; was denn also nothwendig einen verhältniſsmäſsigen Verlust an Kraft zur Folge hatte.

Die Wirkung der bewegenden Kraft erstreckt sich also jetzt nur noch auf die erst um AD und dann um CD verminderte Länge des Kolbenlaufs, so daſs, wenn diese beiden Längen durch β und α bezeichnet werden, die von der Maschine zu erwartende wesentliche Wirkung einem Kolbenlaufe von der Länge $l-\beta-\alpha$ entspricht.

Nun haben wir in §. 54. gesehen, daſs die gröſste Ladung, welche eine Maschine ziehen kann, gefunden wird, wenn man die Spannung des Dampfes gegen die Kolben der im Kessel gleich setzt. Sie ist auf diese Weise

$$M = \frac{(P-\varrho)d^2 l}{(\delta+n)D} - \frac{F}{\delta+n};$$

in welchem Ausdruck l die Länge des Kolbenlaufes bezeichnet. Die Ladung ist also kleiner, wenn der Kolbenlauf kürzer ist; und wenn man die Reibung der Maschine, die durch das Glied $\frac{F}{\delta+n}$ ausgedrückt wird, bei Seite setzt, so verhält sich die Ladung wie die Länge des Kolbenlaufes selbst.

Daraus ergiebt sich die Wirkung des Voreilens des Gleitventils. Das Maximum der Ladung der Maschine nimmt dadurch nahebei in dem Verhältniſs $\frac{l-\alpha-\beta}{l}$ ab. Für andere Ladungen dagegen, die kleiner als die möglich-gröſste sind, nimmt die Geschwindigkeit der Bewegung in dem Verhältniſs $\frac{l}{l-\beta}$ zu.

Dieses Resultat für den letzten Fall ist keinesweges befremdend. Denn so wie der Kolbenlauf kürzer ist, werden natürlich von der gleichen Dampfmasse im Kessel mehr Cylinder voll gefüllt, und der allgemeine Ausdruck der Geschwindigkeit zeigt dies auf den ersten Blick. Dieser allgemeine Ausdruck der Geschwindigkeit ist (§. 51. Form. 6.):

$$V = \frac{mPSD}{144[(F+(\delta+n)M)D+d^2 l\varrho]}.$$

Da hier die Gröſse l bloſs im Nenner vorkommt, so folgt, daſs die Geschwindigkeit der nemlichen Ladung um so gröſser ist, je mehr der Kolbenlauf abnimmt.

Eine ähnliche Wirkung scheint schon in der Ausübung beobachtet worden zu sein. Nemlich rücksichtlich der Wirkungen für die verschiedenen Cylinder-Durchmesser. Von zwei Maschinen mit 12 und 11 Zoll Durchmesser wird, wenn alles übrige gleich ist, die mit den gröſsern Cylindern eine stärkere Ladung zu ziehen vermögen; aber mit gleicher La-

dung, wenn dieselbe kleiner ist als das Maximum, wird die Maschine mit 11zölligem Cylinder eine gröfsere Geschwindigkeit haben. Dies folgt aus der obigen Formel und erklärt sich auf gleiche Weise, wie für die Wirkung des Voreilens des Gleitventils.

§. 74.

Berechnung der Wirkung des Voreilens des Gleitventils.

Das Obige ist zur blofsen Erklärung der beobachteten Wirkung hinlänglich. Wenn wir aber die Gröfse der Wirkung des Voreilens des Gleitventils berechnen wollen, so müssen wir das Maafs von α und β näher zu bestimmen suchen. Das heifst, wir müssen die Lage des Kolbens gegen das Ventil in dem Augenblicke suchen, wo es dem Dampfe den Zutritt eröffnet oder schliefst.

Zu dem Ende müssen wir uns Dessen erinnern, was im Eingange dieser Schrift, bei der Beschreibung des Dampfwagens, über das Ventil berichtet worden ist und was die Figuren 9. und 10. vorstellen.

Das Gleitventil bewegt sich über den drei Oeffnungen der Cylinder hin und her, und ohne Aufenthalt von dem einen Ende seines Laufes bis zum andern. Diese Bewegung wird durch die Umdrehung um die excentrische Scheibe und die Mittellinie der Wagen-Achse hervorgebracht, welche Umdrehung die Wirkung einer gewöhnlichen Kurbel hat. Da aber die Bewegung durch einen Querhebel vermittelt wird, so wird das Ventil zurückgetrieben, wenn die excentrische Scheibe vorwärts schiebt; und umgekehrt.

Der Radius der excentrischen Scheibe macht mit der Kurbel einen rechten Winkel. Deshalb steht sie vertical, wenn die Kurbel horizontal liegt; und folglich befindet sich dann das Gleitventil in der Mitte seines Laufs. Umgekehrt, wenn die Kurbel vertical steht, ist die excentrische Scheibe horizontal, und das Gleitventil befindet sich am Ende seines Laufs.

Endlich befindet sich der Kolben genau am Ende seines Laufs, wenn die Kurbel horizontal liegt. Also correspondirt die Mitte der Stellung des Ventils mit dem Ende des Kolbenlaufs. Fig. 9. und 10. zeigt diese verschiedenen Stellungen. Fig. 10. zeigt, dafs wenn sich das Ventil in der Mitte seines Laufes befindet, die excentrische Scheibe vertical, die Kurbel horizontal und der Kolben am Ende seines Laufs ist. Fig. 9. zeigt, dafs, wenn das Ventil das Ende seines Laufs erreicht hat, die ex-

centrische Scheibe horizontal, die Kurbel vertical und der Kolben in der Mitte des Cylinders ist.

Indessen ist solches nur dann der Fall, wenn das Gleitventil gar nicht voreilt. Nur dann nemlich, wenn die excentrische Scheibe mit der Kurbel genau einen rechten Winkel macht, würde die Mitte des Ventillaufes genau mit dem Ende des Kolbenlaufes correspondiren. Findet dagegen einige Abweichung von dem rechten Winkel Statt, das heifst: erreicht das Ventil etwas eher die Mitte seines Laufes, als der Kolben den Boden des Cylinders, so entspricht diese Abweichung gerade jenem Voreilen des Ventils, welches wir zu untersuchen haben.

Dieses vorausgeschickt, wollen wir nun annehmen, das Ventil befinde sich genau mitten in seinem Laufe, und es stehe folglich die excentrische Scheibe vertical. In diesem Augenblick ist der Dampf völlig abgesperrt, wie es Fig. 10. und 26. zeigen. Nun ist aber das Ventil so eingerichtet, dafs es über alle Oeffnungen ein wenig vortritt, etwa um einen Achtelzoll, und es folgt daraus, dafs die Oeffnungen durch das Ventil schon ein wenig eher verschlossen werden, nemlich schon, wenn es noch $\frac{1}{8}$ Zoll von der Mitte seines Laufs entfernt ist. So z. B., wenn das Ventil nach der Richtung des Pfeiles Fig. 26. sich bewegt, werden die Oeffnungen schon geschlossen, wenn es noch in der Lage *a* ist, und schon dann wird der Dampf abgesperrt. In diesem Punct also beginnt schon die Wirkung des Voreilens, und es correspondirt dieser Punct mit dem Puncte *A* des Kolbenlaufes Fig. 25.

Während der Zeit, dafs das Ventil aus der Lage *a* (Fig. 26.) in die Lage *b*, und weiter in die Lage *c* sich begiebt, bleibt alles unverändert; aber über *c* hinaus fängt die Oeffnung rechts an, geöffnet und der Dampf auf die entgegengesetzte Seite zugelassen zu werden. Der Punct *c* correspondirt also mit dem Puncte *C* Fig. 26. für den Kolbenlauf.

Nachdem nun das Ventil den Punct *c* (Fig. 25.) passirt ist, öffnet sich der Zutritt dem Dampfe mehr und mehr. Hat nun z. B. dann, wenn das Ventil um $\frac{3}{8}$ Zoll weiter gerückt, das heifst, der Dampfcanal um $\frac{3}{8}$ Zoll geöffnet ist, der Kolben das Ende seines Laufes erreicht, so finden wir, wenn wir von *c* $\frac{3}{8}$ Zoll weiter nach *d* messen, in *d* den Punct, wo sich das Ventil befindet, wenn der Kolben am Boden des Cylinders angelangt ist. Dieser Punct *d* (Fig. 25.) correspondirt also mit dem Puncte *D* Fig. 26., nemlich mit dem Ende des Kolbenlaufes.

Wir haben nun die Längen *AC* und *CD* (Fig. 26.) im Kolbenlauf aus den Längen *ac* und *cd* (Fig. 25.) im Ventillaufe zu suchen, welche letzeren gegeben sind; denn *cd* ist das Voreilen des Ventils und *ac* das Voreilen mit Einschlufs des doppelten Vorsprungs der Canal-Mündungen.

Gesetzt der Ventillauf sei 3 Zoll lang, so mufs der Abstand des Mittelpuncts der excentrischen Scheibe, welche diese Bewegung hervorbringen soll, von dem Mittelpuncte der Wagen-Achse, $1\frac{1}{2}$ Zoll sein. Der Mittelpunct der excentrischen Scheibe beschreibt also um den Mittelpunct der Achse einen Kreis von 3 Zoll im Durchmesser, während die Kurbel um jenen Mittelpunct einen Kreis von 16 Zoll Durchmesser durchläuft; wenn nemlich die Länge des Kolbenlaufs 16 Zoll ist.

Es sei *b* (Fig. 27.) der Mittelpunct der Wagen-Achse. Ein Kreis von $1\frac{1}{2}$ Zoll Halbmesser, um *b* beschrieben, wird den Lauf der excentrischen Scheibe vorstellen, sein Durchmesser aber den Lauf des Ventils. Ein Kreis dagegen, um *b* mit 8 Zoll Halbmesser beschrieben, wird den Lauf der Kurbel und sein Durchmesser den Lauf des Kolbens vorstellen.

Da nun die Mitte des Ventillaufes mit dem verticalen Rande der excentrischen Scheibe correspondirt, so ist hier jene Lage des Ventils der Punct *b*. Da wir nun sehen, dafs, indem das Ventil über die Canalmündung hinstreicht, der Dampf schon ein Weilchen vorher abgesperrt wird, so finden wir, wenn wir von *b* aus eine dem Vorsprunge der Mündungen gleiche Länge abmessen, den Punct *a*, wo die Wirkung des Voreilens des Ventils beginnt. Nehmen wir dagegen auf der andern Seite von *b* eine gleiche Länge, so findet sich der Punct *c*, in welchem die Mündungen wiederum sich öffnen. Endlich giebt, von *c* aus eine dem Voreilen gleiche Länge abgemessen, den Punct *d*, welcher mit dem Ende des Kolbenlaufes correspondirt.

Zieht man nun auf *dap* Perpendikel nach dem Kreis-Umfange, welche denselben in *a′*, *b′*, *c′*, *d′* schneiden, so sind diese Puncte die Orte, in welchen sich die excentrische Scheibe befindet, wenn das Ventil resp. in *a*, *b*, *c*, *d* ist.

Aber während die excentrische Scheibe den Bogen $a_1 d_1$ durchläuft, beschreibt die Kurbel an der Wagen-Achse nothwendig einen zu dem gleichen Winkel gehörigen Bogen. Da nun die Kurbel horizontal oder in der Richtung *bD* liegt, wenn der Kolben am Ende seines Laufs ist, so finden wir, wenn wir von dem Puncte *p* aus Bogen abmessen, die gleich *d′c′*, *d′b′*,

und $d'a'$ sind, also Bogen, deren Sinus dc, db und da sind, dann aber durch die Endpuncte dieser Bogen Radien ziehen, die Puncte A', B', C' und D, in welchen die Kurbel sich befindet, wenn die excentrische Scheibe in a', b', c' und d' ist. Fällen wir endlich aus A_1, B_1, C_1 und D Perpendikel auf bD, so geben die Puncte A, B, C und D die gleichzeitige Stellung des Kolbens.

Also, um es zu wiederholen: während das Ventil von a, wo es den Dampf abzusperren beginnt, nach c gelangt, wo es dem Dampfe den Zutritt an der entgegengesetzten Seite öffnet, und nach d, wo das Voreilen des Ventils endigt, durchläuft die excentrische Scheibe die Puncte a', c', d', und die Kurbel, in ihrem Umkreise, die Puncte A', C', D; der Kolben aber ist gleichzeitig in A, wo er aufhört von dem Dampfe getrieben zu werden, in C, wo ihn der Dampf in der entgegengesetzten Richtung zu treiben anfängt, und in D, wo sein Lauf endigt.

Nunmehr wird es nicht schwer sein, die oben durch α und β bezeichneten Längen CD und AD zu finden.

Für die Praxis darf man nur die Figur nach einem Maafsstabe wie Fig. 27. zeichnen, und kann dann in der Figur die Längen CD und AD messen.

Durch Rechnung finden sich diese Längen wie folgt.

Zuerst ist

$$1. \quad AD = bD - bD \cos A'bD,$$

und wenn man den Winkel

$$A'bD = \gamma$$

setzt,

$$2. \quad \sin\gamma = \frac{ms}{bp} = \frac{ad}{bp}.$$

Aber bD ist der halbe Kolbenlauf; also ist $bD = \frac{1}{2}l$; bP hingegen ist die Hälfte des Ventillaufes, welche durch l_1 bezeichnet werden mag. Setzt man außerdem das Voreilen des Ventils $cd = a$ und den Vorsprung des Ventils über die Oeffnungen $ab = r$, so ist

$$3. \quad ad = a + 2r.$$

Zunächst also ist, vermöge (1.), die Länge AB oder

$$4. \quad \beta = \tfrac{1}{2}l - \tfrac{1}{2}l\cos\gamma = \tfrac{1}{2}l(1 - \cos\gamma),$$

wo γ durch die Gleichung (2.) bestimmt wird, die vermöge (3.)

$$5. \quad \sin\gamma = \frac{a+2r}{\frac{1}{2}l_1} = \frac{2(a+2r)}{l_1}$$

giebt. Auf dieselbe Weise findet sich CD oder

$$6. \quad \alpha = \tfrac{1}{2} l(1 - \cos\gamma_1),$$

wo γ_1 durch die Gleichung

$$7. \quad \sin\gamma_1 = \frac{2\alpha}{l_1}$$

bestimmt wird.

So finden sich also die Längen α und β, welche oben nöthig waren, aus den Längen des Kolbenlaufes, des Ventillaufes und des Voreilens desselben oder der Vorsprünge der Canal-Mündungen, welche alle bekannt sind. Wir können also nunmehr unmittelbar die Wirkung des Voreilens des Ventils sowohl auf die Geschwindigkeit als auf die Ladung berechnen.

Wie wir sahen, nimmt die Geschwindigkeit der Bewegung in dem Verhältnifs $\frac{l}{l-\beta}$ zu. Dieses Verhältnifs ist vermöge (4.)

$$8. \quad \frac{l}{l-\beta} = \frac{l}{\frac{1}{2} l(1+\cos\gamma_1)} = \frac{2}{1+\cos\gamma}.$$

Das Maximum der Ladung nimmt dagegen in dem Verhältnifs ab, als wäre die Länge des Kolbenlaufes nicht mehr l, sondern $l - \alpha - \beta$; und vermöge (4.) und (6.) ist

$$9. \quad l - \alpha - \beta = \tfrac{1}{2} l(\cos\gamma + \cos\gamma_1),$$

wo γ und γ_1 durch die Gleichungen (5.) und (7.) gegeben sind. Die trigonometrichen Bezeichnungen hätten auch vermieden werden können, aber die Rechnung würde dann weniger bequem geworden sein.

Um ein Beispiel zu geben, wollen wir eine Maschine annehmen, in welcher der Kolbenlauf $l = 16$ Zoll, der Ventillauf $l_1 = 3$ Zoll, der Vorsprung der Mündung $r = \frac{1}{8}$ Zoll, das Voreilen des Ventils aber $\alpha = \frac{5}{8}$ Zoll ist.

In diesem Falle ist nach (5.) $\sin\gamma = \frac{2 \cdot \frac{5}{8} + 4 \cdot \frac{1}{8}}{16} = \frac{14}{8.3} = \frac{7}{12} = 0{,}58333$. Hierzu gehört nach den Tafeln der Winkel $\cos\gamma = 0{,}81222$. Also ist zufolge (4.)

$$10. \quad \beta = 8(1 - 0{,}81222) = 1{,}5 \text{ Zoll}.$$

Auf ähnliche Weise findet sich nach (6.)

$$11. \quad \alpha = 8(1 - 0{,}90906) = 0{,}73 \text{ Zoll}.$$

Es folgt also, dafs in dem angenommenen Falle der Kolben, in dem Augenblick, wo die Spannung des Dampfes auf ihn zu wirken aufhört, noch $1\frac{1}{2}$ Zoll, und wenn sie anfängt auf der entgegengesetzten Seite zu wirken, noch $\frac{3}{4}$ Zoll vom Boden des Cylinders entfernt ist. Es wird also dem

zufolge, was oben auseinander gesetzt worden, die Geschwindigkeit aller Ladungen, welche nicht das Maximum übersteigen, in dem Verhältnifs $\frac{l}{l-\beta} = \frac{16}{14,5}$ vergröfsert; das Maximum der Ladung dagegen wird in dem Verhältnifs vermindert, als wäre der Kolbenlauf statt 16 Zoll nur noch $l-\alpha-\beta = 13,77$ Zoll lang.

Nähme man an, dafs das Voreilen des Ventils nur $\frac{1}{8}$ Zoll betrüge, und dafs der Kolben, von dem Augenblick an, wo die Wirkung des Dampfes auf ihn aufhört, noch 0,25 Zoll, und von da, wo der Dampf auf seine andere Seite zu wirken anfängt, noch 0,03 Zoll vom Boden des Cylinders entfernt sei, so würde man aus den Formeln finden, dafs in solchem Falle die Geschwindigkeit in dem Verhältnifs $\frac{16}{15,75}$ vermehrt, das Maximum der Ladung dagegen so vermindert wird, als wäre der Kolbenlauf nur noch 15,72 Zoll lang.

Wir wollen die *Vesta* zum Beispiel nehmen. [In diesem ganzen Paragraphen sind die englischen Maafse beibehalten worden, weil die Reduction auf preufsische keinen Zweck gehabt, sondern die Rechnung nur erschwert haben würde. Blofs die Resultate des gegenwärtigen Beispiels sind auf preufsisches Gewicht reducirt worden. D. H.] Es ist

der Durchmesser der Cylinder dieser Maschine . . $d = 0,927$ Fufs,
die Länge des Kolbenlaufes $l = 1,33$ Fufs,
der Durchmesser ihrer Triebräder $D = 5$ Fufs,
die Reibung der Maschine $F = 187$ Pfd.

Das Maximum der Ladung ergiebt sich aus der Formel

$$M = \frac{(P-\varrho)\,d^2 l}{(\delta+n)D} - \frac{F}{\delta+n}.$$

Beträgt nun der wirksame Druck des Dampfes auf den Quadratzoll Preufs. 57,98 Pfd. Preufs., so würde das Maximum der Ladung folgendes sein:

Wenn das Ventil gar nicht voreilt 3686 Ctr.
Wenn es 1,456 Linien Preufs. voreilt 3607 Ctr.
Wenn es 7,283 Linien Preufs. voreilt 3114 Ctr.

Die Geschwindigkeit giebt die Formel

$$V = \frac{mPDS}{144[(F+(\delta+n)M)D+\delta^2 l\varrho]}.$$

Die Ladung von 3686 Ctr. wird hiernach 5901 Ruthen in der Stunde fortgezogen werden. Die Ladung von 3607 Ctr., welche, wenn das Ventil

gar nicht voreilte, 5995 Ruthen fortgeschafft werden würde, wird in dem Verhältnifs $\frac{16}{15{,}75}$ schneller fortgebracht werden, also 6089 Ruthen weit in der Stunde. Endlich wird die Ladung von 3114 Ctr., welche ohne Voreilen des Ventils 6640 Ruthen fortgerückt werden würde, wegen des Voreilens des Ventils 7322 Ruthen in der Stunde durchlaufen.

Wir sehen hieraus, dafs das Voreilen des Ventils sowohl auf die Geschwindigkeit als auf das Maximum der Ladung nur dann eine einigermafsen beträchtliche Wirkung hat, wenn es von einiger Gröfse ist.

[Wenn man genauer auf das Verhalten und die Wirkungen bei dem Voreilen des Gleitventils eingehen und die Kräfte in Betracht ziehen wollte, welche zur Ueberwindung des Beharrungsvermögens der Massen nöthig sind, so würden die Resultate etwas anders zu stehen kommen. Allein wegen dessen, was der Herr Verfasser so eben am Schlusse dieses Paragraphs bemerkt, und da die nähere Theorie doch ohne Hypothesen nicht zu vollenden sein würde, ist es für die Praxis wohl am besten, bei der obigen Rechnung stehen zu bleiben. D. H.]

§. 75.

Versuche über die Wirkung des Voreilens des Gleitventils.

Die obigen Rechnungen zeigen uns den Verlust an Kraft, den eine Maschine durch das Voreilen des Gleitventils erleidet.

Es beruht indessen bei diesem Voreilen des Ventils, da noch keine nähere Untersuchungen deshalb angestellt worden sind, alles noch auf blofse Gewohnheit. Einige Maschinenbauer geben gar kein Voreilen Statt: andere einen Sechzehntheil- höchstens einen Achtel-Zoll engl.: wieder andere geben bis fünf Achtel-Zoll, und noch mehr. Unzweifelhaft erleichtert ein mäfsiges Voreilen des Ventils den Gang der Maschine; aber zu viel davon würde zuletzt die Wirkung hemmen. Aus diesem Grunde unternahmen wir deshalb einige Versuche.

Wir experimentirten zuerst mit dem *Leeds*, und machten am 15ten August die in §. 67. beschriebenen drei Versuche, den ersten mit $\frac{1}{8}$, den dritten mit $\frac{2}{8}$ Zoll Voreilen, den zweiten ohne Voreilen. Da aber durch den Wechsel der Ladung, der Dampfspannung und der Abhänge der Bahn die Resultate sehr verwickelt wurden, so gaben wir diese Maschine bald auf, und nahmen die *Vesta*. Eine sinnreiche, vom Herrn *J. Gray* zu Liverpool

angegebene, an der Maschine angebrachte Einrichtung machte es leicht, das Voreilen willkürlich zu verändern, ohne die Fahrt zu unterbrechen, so dafs mit der nemlichen Ladung und an der gleichen Stelle nach und nach mit verschiedenem Voreilen experimentirt werden konnte. Die Einrichtung bestand in drei Einschnitten, vor- und rückwärts an der excentrischen Scheibe, in welche die Treibstange nach Belieben vermittelst des gewöhnlichen Fangehebels gelegt werden konnte. Der erste Einschnitt gab ein Voreilen von $\frac{1}{8}$ Zoll, der zweite ein Voreilen von $\frac{3}{8}$, der dritte ein Voreilen von $\frac{5}{8}$ Zoll Engl. Um den Unterschied merklicher zu machen, bemühten wir uns, eine Vergleichung zwischen der ersten und dritten Stellung des Gleitventils zu erlangen.

Der Leser wolle sich erinnern, dafs die *Vesta* folgende Maafse hat. [Die Maafse und Gewichte sind wieder nur bei den Resultaten reducirt. D. H.]

Der Durchmesser der Cylinder ist	$11\frac{1}{8}$	Zoll Engl.
Die Länge des Kolbenlaufs	16	- -
Der Durchmesser der Triebräder	60	- -

I. Am 16. August 1834, des Morgens, als die Maschine mit einem Zuge von 20 Wagen am Fufse der Rampe von Whiston angelangt war, deren Abhang 1 auf 89 ist, wurde der Wagenzug bis auf 7 Wagen, welche zusammen 34,43 Tonnen und mit dem Munitionswagen 39,93 Tonnen wogen, abgenommen. Die Maschine strengte sich nun an, den Abhang mit diesen 7 Wagen zu ersteigen.

Das Voreilen des Gleitventils wurde erst auf $\frac{5}{8}$ Zoll gestellt. Die Maschine, mit 10 engl. Meilen Geschwindigkeit in der Stunde an dem Fufse des Abhanges angelangt, setzte einige Zeit ihre Bewegung fort, wurde aber bald sichtlich matt, und nach $\frac{3}{4}$ engl. Meilen Lauf stand sie still. Der Druck an der Wage war $23\frac{1}{2}$ Pfund.

Nun wurde das Voreilen des Ventils auf $\frac{1}{8}$ Zoll gestellt. Alsbald setzte sich die Maschine wieder in Bewegung und erreichte den Gipfel der Rampe mit einer Geschwindigkeit von 14 Kolbenschlägen in der Minute; die Spannung der Wage hatte bis auf $23\frac{1}{4}$ Pfund abgenommen.

II. Am Abend des nemlichen Tages, wo der Maschine an derselben Stelle ein Zug von 8 beladenen und 12 leeren Wagen angehängt war, wurden blofs die 8 beladenen Wagen an derselben gelassen. Das Gewicht derselben betrug 27,05 Tonnen, und mit dem Munitionswagen 32,05 Tonnen. Mit

dieser Ladung, und 10 engl. Meilen in der Stunde erlangter Geschwindigkeit, begann sie das Ersteigen der Rampe.

Das Voreilen des Ventils wurde auf $\frac{5}{8}$ Zoll gestellt. Die Maschine gelangte, ohne stehen zu bleiben, auf den Gipfel. Der Druck an der Wage war 23 Pfund; die Geschwindigkeit 46 Kolbenschläge in der Minute.

III. Nachdem die Maschine an den Fuſs der Rampe zurückgekehrt war, wurden noch 6 leere Wagen angehängt; das gesammte Gewicht betrug nun 43,18 Tonnen und mit dem Munitionswagen 48,18 Tonnen.

Diese Ladung war für die Maschine zu groſs, selbst bei dem geringsten Voreilen des Ventils. Der Druck war 23 Pfd. Zwei leere Wagen wurden abgenommen.

IV. Die Maschine zog also nun 8 beladene und 4 leere Wagen, zusammen 34,05, und mit dem Munitionswagen 39,05 Tonnen an Gewicht.

Mit $\frac{5}{8}$ Zoll Voreilen des Ventils kam die Maschine nicht von der Stelle.

Mit $\frac{1}{8}$ Zoll Voreilen setzte sich die Maschine in Bewegung und die Geschwindigkeit nahm allmälig zu, von 11 Kolbenschlägen in der Minute, auf 14 und zuletzt auf 17.

Das Voreilen wurde abermals auf $\frac{5}{8}$ Zoll gestellt, und die Maschine blieb wieder stehen.

Mit $\frac{1}{8}$ Zoll Voreilen setzte sie sich wieder in Bewegung. Während des ganzen Experiments war der Druck an der Wage 23 Pfd.

V. Der Wagenzug bewegte sich weiter aufwärts, und es wurden noch zwei leere Wagen abgelöset. Es blieben also in allem 8 beladene und 2 leere Wagen angehängt, zusammen 30,38 und mit dem Munitionswagen 35,38 Tonnen an Gewicht.

Das Voreilen des Ventils war $\frac{5}{8}$ Zoll. Die Maschine blieb stehen. Der Druck an der Wage betrug 23 Pfd.

Bei einem Voreilen von $\frac{1}{8}$ Zoll setzte sich der Zug wieder in Bewegung; die Dampfspannung war die nemliche.

VI. Endlich wurde noch ein leerer Wagen abgenommen und das Gewicht dadurch auf 28,55 Tonnen, und auf 33,55 Tonnen mit dem Munitionswagen, reducirt.

Bei $\frac{5}{8}$ Zoll Voreilen des Ventils und 23 Pfd. Druck blieb die Maschine stehen.

Bei $\frac{1}{8}$ Zoll Voreilen setzte sie sich in Bewegung und erreichte den Gipfel, obgleich während des Versuchs die Spannung allmälig von 23

auf $21\frac{1}{2}$ Pfd. abgenommen hatte. Die Maschine führte also mit $21\frac{1}{2}$ Pfd. Spannung das aus, was sie bei einem Voreilen von $\frac{5}{8}$ Zoll mit 23 Pfd. nicht hatte leisten können.

Aus dieser Reihe von Versuchen sieht man sehr nahe das genaue Maafs der Kraft der Maschine in den beiden Fällen, und den Verlust an Kraft durch die Vergröfserung des Voreilens des Ventils.

§. 76.

Tafel der Resultate dieser Versuche.

Um diese Resultate übersichtlicher zu geben, stellen wir sie in folgender Tafel zusammen.

Versuche über die Wirkung des Voreilens des Gleitventils.

(In Preufsischem Maafs und Gewicht.)

Name und Beschreibung des Dampfwagens.	Zahl des Versuchs.	Gewicht der Ladung sammt Munitionswagen.	Voreilen des Gleitventils: 7,28 Linien.		1,45 Linien.	
			Art der Bewegung.	Wirksamer Druck auf den Quadratzoll.	Art der Bewegung.	Wirksamer Druck auf den Quadratzoll.
Die *Vesta.*		Ctr.				
Durchmesser der Cylinder 10,8 Zoll.	III.	950	Keine.	20—23 =54,69 Pfd.	Keine.	20—23 =54,69 Pfd.
Länge des Kolbenlaufes 15,54 Zoll	I.	787	Keine.	20—23,5 =56,14 Pfd.	Von der Ruhe an.	20—23,5 =55,14 Pfd.
Durchmesser der Räder 58,27 Zoll.	IV.	770	Keine.	20—23 =54,69 Pfd.	Von der Ruhe an.	20—23 =54,69 Pfd.
Gewicht 171,67 Ctr.	V.	697	Keine.	20—23 =54,69 Pfd.	Von der Ruhe an.	20—23 =54,69 Pfd.
Reibung 181,00 Pfd.	VI.	661	Keine.	20—23 =54,69 Pfd.	Von der Ruhe an.	20—21,5 =50,33 Pfd.
	II.	632	Fortgesetzte.	20—23 =54,69 Pfd.		

Alles also, was diesen Versuchen zufolge eine Maschine mit 7,28 Linien Voreilen des Ventils zu leisten vermag, ist, eine Last, die ohne Munitionswagen 533 Ctr. beträgt, fortzuziehen; mit 1,45 Linien Voreilen dagegen zieht sie eine Last von 671 Ctr. fort. Die Wirkungen verhalten sich also ungefähr wie 4 zu 5; was in der Ausübung für das geringere Voreilen entscheidet.

Um indessen ein absolutes Maafs der Kraft der Maschine in den beiden Fällen zu haben, müssen wir den gesammten Widerstand gegen den Kolben berechnen.

Im ersten Falle zog die Maschine 632 Ctr. einen Abhang von 1 auf 89 hinauf. Mit Rücksicht darauf, und das Gewicht des Dampfwagens selbst mit angeschlagen, betrug also die Ladung so viel als 3154 Ctr. auf horizontaler Bahn.

Im zweiten Falle zog die Maschine denselben Abhang 770 Ctr. hinauf, was im Ganzen eine Ladung von 3725 Ctr. auf horizontaler Bahn giebt.

Diese Zahlen stehen nahe genug in dem nemlichen Verhältnisse zu einander, wie die berechneten. Daſs die aus den Versuchen gefundenen Zahlen ein ein wenig gröſseres Verhältniſs geben, liegt daran, daſs bei der Berechnung das Gewicht des Munitionswagens als unveränderlich von $98\frac{1}{2}$ Ctr. betrachtet wurde, was es nicht ist, weil während des länger dauernden Versuchs beträchtlich viel Wasser und Kohlen verbraucht wurden, was sich nicht in Anschlag bringen lieſs, da wir keine Mittel hatten, den Munitionswagen während des Versuchs zu wiegen. Wenn der Munitionswagen ganz leer ist, so wiegt er nur 59 Ctr., welcher Unterschied, auf den Abhang 1 auf 89 gerechnet, so viel ausmacht, als 158 Ctr. auf horizontaler Bahn.

Wir dürfen daher, gleichmäſsig nach Theorie und Erfahrung schlieſsen, daſs die Kraft der Maschine durch das Voreilen des Gleitventils in dem nemlichen Verhältniſs abnimmt, wie die daraus entstehende Verminderung der nutzbaren Länge des Kolbenlaufes.

§. 77.

Practische Tafel über die Wirkung des Voreilens des Gleitventils.

Zur Erleichterung in der Ausübung haben wir nach der obigen Formel §. 74. eine Tafel der Wirkung des Voreilens des Gleitventils für die am gewöhnlichsten auf Eisenbahnen vorkommenden Dampfwagen berechnet.

Nach der Formel (8. §. 74.) steht die Geschwindigkeit der Bewegung, wenn das Ventil gar nicht voreilt, zu derjenigen bei einem Voreilen a, in dem Verhältniſs $\frac{2}{1+\cos y}$; zugleich aber wird das Maximum der Ladung auf dasjenige reducirt, welches Statt finden würde, wenn die Länge des Kolbenlaufes statt l nur $\frac{1}{2}l(\cos y+\cos y_1)$ wäre (9. §. 74.), wo die Winkel y und y_1 durch die Gleichungen $\sin y=\frac{2(a+2r)}{l_1}$ und $\sin y_1=\frac{2a}{l_1}$ bestimmt werden (5. und 7. §. 74.). Es bedeutet in diesem Ausdrucke

l die Länge des Kolbenlaufes in Fuſsen,

a das Voreilen des Ventils,

l_1 die Länge des Ventillaufes,

r den Vorsprung der Ventilränder vor die Mündungen der Dampfcanäle. Die drei letzten Gröſsen a, l_1 und r können beliebig, in Fuſsen oder in Zollen ausgedrückt werden, indem nur ihr Verhältniſs zu einander vorkommt.

Die hiernach berechnete Tafel wird auf einen Blick zeigen, wie die Geschwindigkeit mit dem Voreilen des Ventils zugleich zunimmt. Die zweite Spalte der Tafel zeigt, wie die Ladung abnimmt, wenn die Geschwindigkeit wächst; jedoch konnten wir darin nicht über dasjenige Maximum der Ladung hinaus gehen, dessen die Maschinen überhaupt fähig sind. Die Tafel ist auch nur der Uebersicht wegen weiter fortgeführt worden, als sonst für den Gegenstand nothwendig gewesen wäre.

Practische Tafel der Wirkungen des Voreilens des Gleitventils.

Ueberall ist der Durchmesser der Räder der Maschine 58,27 Zoll.
Die wirksame Spannung des Dampfes auf den Quadratzoll 51,3 Pfund.
Die Länge des Ventillaufs . 2 Zoll 11 Linien.
Der Vorsprung der Ventilränder über die Mündungen der Dampfcanäle 1,45 Linien.

Uebrige Maaſse der Maschinen.	Ladung mit Einschluſs des Gewichts des Munitionswagens.	Geschwindigkeit in der Stunde für ein Voreilen des Gleitventils von			
		0	1,45 Linien.	4,37 Linien.	7,28 Linien.
	Ctr.	Ruthen.	Ruthen.	Ruthen.	Ruthen.
Durchmesser der Cylinder . 10,68 Zoll.	986	13255	13469	13892	14626
Länge des Kolbenlaufs . . 15,54 Zoll.	1971	9264	9409	9708	10221
Reibung 116 Pfd.	2779	7431	7546	7785	8196
Heitzfläche 132 Quadr.-F.	3055	6956	7068	7290	0
	3213	6717	6820	0	0
	3252	6657	0	0	0
Durchmesser der Cylinder . 11,65 Zoll.	986	11879	12067	12447	13110
Länge des Kolbenlaufs . . 15,54 Zoll.	1971	8567	8704	8978	9452
Reibung 145 Pfd.	2957	6700	6807	7021	7392
Heitzfläche 132 Quadr.-F.	3311	6221	6320	6516	6862
	3607	5863	5957	6145	0
	3804	5649	5739	0	0
	3863	5602	0	0	0
Durchmesser der Cylinder . 12,62 Zoll.	986	12405	12601	12998	13686
Länge des Kolbenlaufs . . 15,54 Zoll.	1971	9170	9315	9606	10118
Reibung 160 Pfd.	2957	7273	7388	7619	8025
Heitzfläche 151 Quadr.-F.	3883	6089	6183	6380	6717
	4257	5713	5803	5986	0
	4474	5516	5602	0	0
	4553	5448	0	0	0

Uebrige Maaſse der Maschinen.	Ladung mit Einschluſs des Gewichts des Munitions-wagens.	Geschwindigkeit in der Stunde für ein Voreilen des Gleitventils von			
		0	1,45 Linien.	4,37 Linien.	7,28 Linien.
	Ctr.	Ruthen.	Ruthen.	Ruthen.	Ruthen.
	986	12746	12819	13357	14062
Durchmesser der Cylinder . 13,6 Zoll.	1971	9640	9794	10101	10636
Länge des Kolbenlaufs . . 15,54 Zoll.	2957	7751	7875	8119	8550
Reibung 174 Pfd.	3942	6482	6585	6790	7149
Heitzfläche 170 Quadr.-F.	4514	5918	6012	6200	6529
	4967	5538	5623	5803	0
	5223	5427	5427	0	0
	5302	5286	0	0	0
	986	11178	11353	11712	12332
Durchmesser der Cylinder . 11,65 Zoll.	1971	8482	8614	8888	9358
Länge des Kolbenlaufs . . 17,5 Zoll.	2957	6833	6939	7157	7538
Reibung 160 Pfd.	3706	5952	6046	6239	6568
Heitzfläche 151 Quadr.-F.	4080	5593	5683	5863	0
	4277	5422	5508	0	0
	4356	5354	0	0	0

Wir sehen nun aus dieser Tafel, daſs ein zu starkes Voreilen des Gleitventils die Kraft der Maschine zu sehr vermindert. Es muſs also dabei eine gewisse Grenze nicht überschritten werden.

Es ist übrigens leicht, das Voreilen der Maschine zu messen, oder es nach einem bestimmten Maaſse zu regeln.

Nachdem nemlich die Ventilkammer unter dem Schornsteine geöffnet worden, muſs der Ventildeckel abgenommen werden, um den Gang des Ventils sehen zu können; die Maschine wird auf den Schienen langsam fortgezogen, bis die Kurbel genau horizontal liegt. Alsdann befindet sich der Kolben am Boden des Cylinders. Miſst man nun die Oeffnung, welche jetzt das Ventil dem Dampfe gestattet, so findet man genau das Voreilen des Ventils.

Wünscht man hierauf das Voreilen zu ändern, so läſst man die Kurbel in der nemlichen Lage, löset die Kurbelstange, welche an der Achse bloſs mit einer Schraube befestigt ist und dreht die excentriche Scheibe, bis das Ventil, welches dadurch sich fortbewegt, so viel Differenz giebt, als man verlangt. Darauf befestigt man wieder die Kurbelstange, um die excentrische Scheibe in dieser Lage festzuhalten. Ist solches geschehen, so wird offenbar das Ventil, wenn die Kurbel horizontal liegt, und also der Kolben im Begriff ist seinen Lauf zu beginnen, dem Dampfe stets so viel Durchzug gestatten, als man verlangt hat.

Es giebt noch andere Mittel, das Voreilen des Ventils zu ändern, ohne die Ventilkammer zu öffnen; aber sie geben entweder kein richtiges Resultat, oder sind der Maschine nachtheilig.

Bei den obigen Versuchen über die Geschwindigkeit und die Ladung der Maschinen war die *Vesta* die einzige, deren Voreilen des Ventils einen merkbaren Einfluſs auf die Geschwindigkeit hatte.

Siebentes Capitel.

Von den Krümmungen der Bahn und den Rampen.

Abschnitt I.

Von den Krümmungen.

§. 78.

Von der conischen Form der Räder und der Erhöhung der Schienen, um die Wirkung der Krümmen zu heben.

Wir haben untersucht, welche Anordnungen die Wirkung einer Maschine verstärken oder schwächen. Es sind nun ferner zwei äuſsere Umstände zu erwägen, die ebenfalls Einfluſs auf die Bewegung haben können.

Die Krümmungen einer Schienenbahn vergröſsern den Widerstand, und zwar um so mehr, je kleiner ihre Halbmesser sind. Denn ein Fuhrwerk hat vier Unterstützungs-Puncte, und wenn dieses Viereck in einer Krümmung sich fortbewegen soll, so können die Spurkränze der Räder nicht mehr so, wie es in gerader Richtung geschieht, an den Schienen entlang rollen, ohne sie zu berühren; sie müssen also die Schienen streifen. Die Schienen legen sich ferner theilweise den Rädern entgegen und hindern also ihren Lauf, indem sie sie zwingen ihre Richtung zu ändern.

Sodann hat das Rad, welches auf der äuſsern Schiene rollt, natürlich einen längeren Weg zu durchlaufen, als das Rad auf der innern Schiene. Nun sind aber die Räder der jetzt gebräuchlichen Wagen nicht von einander unabhängig. Sie sind beide an der Achse fest, welche sich mit ihnen zugleich umdreht. Muſs also das eine Rad einen längeren Weg machen als das andere, so muſs jenes natürlich zum Theil, nemlich um

die Länge des Unterschiedes der beiden Wege, auf den Schienen geschleift werden.

Endlich werden die Fuhrwerke in den Krümmen durch die Schwungkraft der Bewegung gegen die Schienen außerhalb gedrängt, und die Spurkränze der Räder müssen sich also stärker als bei der geradlinigen Bewegung an den Schienen reiben.

Die bis jetzt bekannte Weise, die Schienenbahn und die Räder der Fuhrwerke so einzurichten, daſs die beschriebenen drei Ursachen vermehrter Reibung gehoben werden, besteht darin, einestheils die Räder conisch zu machen, anderntheils in den Krümmen die äuſsere Schiene höher zu legen, als die innere. Aber diese Mittel sind bis jetzt nur nach ungefährer Schätzung angewendet worden, und erfüllen daher ihren Zweck nur mehr oder weniger unvollkommen. Wir glauben durch eine nähere Untersuchung und durch Rechnung allgemeine Regeln angeben zu können, die die Erreichung des Zwecks sicher stellen.

Der Widerstand, welchen die Fuhrwerke in den Krümmen finden, rührt theils von den Ursachen desselben, theils von den Wirkungen derselben her: theils nemlich, wie oben bemerkt, daher, daſs die Wagen in den Krümmen sich wenden müssen, wobei sich die Schienen ihrem Lauf entgegensetzen und die Räder geschleift werden: theils von der Schwungkraft der Bewegung, welche eine Reibung der Spurkränze an den Schienen verursacht.

Der erste Theil des Widerstandes wird offenbar gehoben werden, wenn sich die Räder so einrichten lassen, daſs der Wagen von selbst der Krümmung folgt. Dieses geschieht, wenn man die Räder ein wenig conisch macht: den gröſsern Halbmesser nach innen, wie es Fig. 2. vorstellt. Wenn alsdann die Schwungkraft den Wagen nach auſsen drängt, so rollt das Rad auf einem gröſseren Umkreise. Der Wagen kann also nicht mehr in gerader Richtung laufen: er muſs, weil jetzt das eine Rad gröſser ist als das andere, eine Krümme beschreiben, und auſserdem müssen die zwei mit einander fest verbundenen Räder Bahnen von verschiedener Länge durchlaufen.

Wir haben nun den Unterschied der Durchmesser der beiden Räder auszumitteln, der nöthig ist, damit der Wagen ohne Zwang die bestimmte Krümme beschreibe; so wie die Abweichung des Wagens nach der Seite, damit dieser Unterschied der Durchmesser entstehe. Sodann müssen

wir untersuchen, wie die Schienenbahn anzuordnen sei, damit die Schwungkraft der Bewegung diese Abweichung nach der Seite hervorbringe. Werden diese Bedingungen erfüllt, so wird offenbar die erste Art des Widerstandes der Krümmen durch sich selbst gehoben werden. Rücksichtlich der Reibung der Spurkränze der Räder an den Schienen müssen wir untersuchen, in wie weit das Rad conisch sein müsse, damit es, selbst wenn es die stärkste Krümmung der Bahn durchläuft, nicht so weit seitwärts getrieben werden könne, dafs der Spurkranz mit der Schiene in Berührung kommt. So werden sich durch die Gestaltung der Räder und durch die Anordnung der Bahn die beiden Arten des Widerstandes heben lassen.

Es mögen mm' und nn' Fig. 28. die beiden Schienen einer Eisenbahn vorstellen. Wenn der Wagen ohne Zwang den Krümmen folgen soll, so mufs das äufsere Rad den Bogen mm' beschreiben, während das innere den Bogen nn' durchläuft, beide Bogen von den nemlichen Halbmessern begrenzt. Wenn also der Bogen mm' etwa dem Umfange des äufsern Rades gleich ist, so mufs nn' dem Umfange des innern gleich sein; und folglich müssen die Durchmesser der beiden Räder zu einander in einem gewissen Verhältnisse stehen.

Bezeichnet D den Durchmesser des äufsern, D_1 den Durchmesser des innern Rades, und π das Verhältnifs des Kreisumfanges zum Durchmesser, so ist $mm' = \pi D$ und $nn' = \pi D_1$. Aber da die beiden Kreisbogen von den nemlichen Halbmessern begrenzt werden, so ist $\frac{mm'}{nn'} = \frac{mo}{no}$. Bezeichnen wir daher den mittleren Durchmesser der Krümmen, os, durch r und die halbe Breite der Schienenbahn durch e, so ist $\frac{mm'}{nn'} = \frac{r+e}{r-e}$; also $\frac{D}{D_1} = \frac{r+e}{r-e}$, und daraus folgt $\frac{D-D_1}{D} = 1 - \frac{r-e}{r+e}$; mithin

$$1. \quad D - D_1 = D\left(1 - \frac{r-e}{r+e}\right) = \frac{2eD}{r+e}.$$

Dieser Ausdruck giebt den Unterschied, welchen die Durchmesser der Räder zu dem bestimmten Zwecke haben müssen.

Da wir nun verlangen, dafs der Unterschied der Durchmesser dadurch hervorgebracht werden solle, dafs der Wagen zur Seite gedrängt wird, so fragt sich, wie grofs diese Abweichung nach der Seite sein müsse.

Es hängt solches offenbar von dem Grade der Kegelförmigkeit der Räder ab.

Auf der Liverpooler Eisenbahn haben die Räder der Bahnwagen 3 Fuſs Engl. innern und 2 Fuſs 11 Zoll äuſsern Durchmesser. Das Rad wird ursprünglich cylindrisch gemacht, und die Kegelform wird durch eine zweite Felge hervorgebracht, die, ohne den Spurkranz, an einer Seite $\frac{1}{2}$ Zoll dicker ist als an der andern. Die 29ste Figur stellt den Durchschnitt des Radkranzes in einem Viertheil der wirklichen Gröſse vor. Seine Breite ist $3\frac{1}{2}$ Zoll, und folglich beträgt die Kegelform, von $\frac{1}{2}$ Zoll auf $3\frac{1}{2}$ Zoll, ein Siebentheil.

Dieselbe werde allgemein durch $\frac{1}{a}$ bezeichnet. Alsdann werden die Räder, da sie beide ursprünglich auf gleichen Umkreisen rollen, um den Unterschied $D - D_1$ der Räder hervorzubringen, um

$$2. \quad \tfrac{1}{4} a (D - D_1)$$

zur Seite gedrängt werden müssen. Denn da die Neigung der Bahn in die Quere $\frac{1}{a}$ ist, so wird die so eben ausgedrückte Abweichung zur Seite einen Unterschied der Halbmesser von $\frac{1}{4} a (D - D_1) \frac{1}{a} = \frac{1}{4} (D - D_1)$, also einen Unterschied der Durchmesser von $\frac{1}{2} (D - D_1)$ hervorbringen. Dieser Unterschied der Durchmesser entsteht aber in *plus* auf der Auſsenseite und zugleich in *minus* auf der innern Seite der Räder, mithin doppelt; und folglich entsteht im Ganzen ein Unterschied der Durchmesser von $D - D_1$; wie es verlangt wird.

Setzt man in (2.) den Ausdruck von $D - D_1$ aus (1.), so findet sich

$$3. \quad \mu = \frac{a e D}{2 (r + e)}$$

für die nothwendige Abweichung des Wagens zur Seite.

Diese Abweichung wird die erste Art des Widerstandes heben. Die Frage ist nun, auf welche Weise sie durch die Schwungkraft hervorgebracht werden könne. Die Schwungkraft drängt zwar unbedingt den Wagen zur Seite; aber ihre Wirkung muſs auch gerade so sein, wie es hier nöthig ist, weil sonst der verlangte Zweck nicht würde erreicht werden.

Wenn, wie vorhin, r der Halbmesser der Krümmen, ferner V die Geschwindigkeit der Bewegung, und m die in Bewegung gesetzte Masse bezeichnet, so wird die Schwungkraft in den Krümmen bekanntlich durch

$$4. \quad f = \frac{m V^2}{r}$$

ausgedrückt. Ist ferner P das Gewicht der bewegten Masse und $2g$ die Beschleunigung der Schwere, so ist $P = 2gm$ und folglich $m = \frac{P}{2g}$. Also ist

$$5. \quad f = \frac{PV^2}{2gr}.$$

Dieses ist die Kraft, mit welcher ein mit der Geschwindigkeit V in einer Krümme vom Halbmesser r sich bewegendes Gewicht P in der Richtung des Halbmessers vom Mittelpuncte der Krümme sich zu entfernen strebt. Es bezeichnet in dem Ausdruck (5.) g die senkrechte Höhe, von welcher ein in leerem Raume sich bewegender Körper in der ersten Secunde herabfällt, und es ist $g = 15{,}625$ Fufs Preufs. Bezieht man die Geschwindigkeit V ebenfalls auf eine Secunde und auf das nemliche Längenmaafs wie r, so giebt die Formel (5.) die Schwungkraft als einen Theil von P an, und folglich als ein Gewicht. Betrüge z. B. die Geschwindigkeit 30 Fufs in der Secunde, und wäre der Halbmesser der Krümme 500 Fufs, so würde $f = P\frac{30^2}{2.15{,}625.500} = 0{,}0756\,P$ oder ungefähr $\frac{1}{18}P$, das heifst $\frac{1}{18}$ des Gewichtes der bewegten Masse sein.

Mit der Kraft f wird nun der ganze Wagenzug in der Richtung des Halbmessers der Krümme seitwärts, nach aufsen gedrängt. Lägen die beiden Schienen gleich hoch, so würde diesem Triebe nach der Seite blofs die Reibung des Spurkranzes gegen die Schienen widerstehen müssen. Legen wir dagegen die äufsern Schienen höher als die innern, so wird sich, wenn es in gehörigem Maafse geschieht, der Schwungkraft dadurch widerstehen lassen, dafs sich die Räder gerade so weit zur Seite begeben, als es nothwendig ist und verlangt wird. In der That wird, wenn die äufsere Schiene höher liegt als die innere, die Bahn dadurch zu einer schiefen Ebene. Auf dieser hat die Last der Wagen eine Neigung, abwärts, also nach der innern Schiene hin zu gleiten. Die Schwungkraft dagegen drängt sie nach der äufsern. Also läfst sich ihre Wirkung durch die beschriebene Anordnung aufheben.

Die äufsere Schiene liege um y höher als die innere (Fig. 30.). Alsdann ist der Abhang der schiefen Ebene, da ihre Breite $2e$ beträgt, $\frac{y}{2e}$. Von dieser Ebene würde ein Gewicht P mit der Kraft $\frac{Py}{2e}$ hinabzugleiten streben. Es werden also die Wagen mit der Kraft $\frac{Py}{2e}$ nach der innern

Schiene hingedrängt werden, während die Schwungkraft sie mit der Kraft $f=\frac{PV^2}{2gr}$ nach der äufsern Schiene treibt. Giebt man daher dem Abhange y eine solche Gröfse, dafs $\frac{Py}{2e}=\frac{PV^2}{2gr}$ oder

$$6. \quad y=\frac{eV^2}{gr}$$

ist, so wird der Wagenzug weder mehr nach aufsen, noch nach innen getrieben werden, und folglich ganz in seiner Bahn bleiben.

Wie weiter oben gefunden, müssen aber die Wagen um die Breite $\mu=\frac{aeD}{2(r+e)}$ (3.) nach der Seite getrieben werden. Es kommt daher nun darauf an, welches die dazu nöthige Höhe ist.

Nehmen wir zu diesem Ende an, der Wagenzug sei schon zur Seite gedrängt worden. Er sei von ab (Fig. 30.) nach cd getrieben, das heifst, der Punct des innern Rades, welcher in a war, sei um die Breite μ nach c und der Punct b nach d gedrängt worden. In dieser Lage ist der Abhang der Ebene, auf welcher sich der Wagenzug befindet,

$$7. \quad \frac{y}{2e-\mu}.$$

[Es scheint, man müsse setzen $\frac{y}{2e}$, nicht $\frac{y}{2e-\mu}$. D. H.] Nun hat, vermöge der Kegelform der Räder, der Durchmesser des Rades an der äufsern Seite der Krümmung um eine gewisse Gröfse zu- und der Durchmesser des Rades an der innern Seite um eben so viel abgenommen. Da die Schräge der Räder $\frac{1}{a}$ gesetzt worden ist, so beträgt die Höhe, für den Unterschied μ der Breite, für jedes Rad $\frac{\mu}{a}$. Um diese Höhe ist also das eine Rad gehoben und das andere gesenkt worden, und folglich kommt $\frac{2\mu}{a}$ zu dem Unterschiede der Höhe der Schienen selbst hinzu.

Die äufsere Seite des Wagens befindet sich also um $y+\frac{2\mu}{a}$ höher als die innere; und da nun die Entfernung der Unterstützungs-Puncte von einander, der Breite nach, $2e-\mu$ ist, so verhält es sich auf dieselbe Weise, als rollte der Wagen auf einer schiefen Ebene, deren Abhang

$$8. \quad \frac{y+\frac{2\mu}{a}}{2e-\mu}$$

ist.

Damit nun die Schwungkraft f (5.) den Wagen in dieser Lage halten, und ihn weder nach aufsen noch nach innen gleiten lassen möge, mufs sie der Kraft, mit welcher die Last P von dem Abhange (8.) hinabzugleiten strebt, gleich sein; das heifst es mufs

$$9. \quad \frac{PV^2}{2gr} = \frac{P\left(y+\frac{2\mu}{a}\right)}{2e-\mu}$$

sein. Daraus folgt $(2e-\mu)V^2 = 2gr\left(y+\frac{2\mu}{a}\right)$ und

$$10. \quad y = \frac{V^2}{2gr}(2e-\mu) - \frac{2\mu}{a}.$$

Setzt man hierin den Ausdruck von μ (3.), so findet sich

$$11. \quad y = \frac{eV^2}{2gr}\left(2-\frac{aD}{2(r+e)}\right) - \frac{eD}{r+e}.$$

Diese Gleichung giebt aus der bestimmten Kegelform und dem Durchmesser der Räder, so wie aus der mittleren Geschwindigkeit der Bewegung und der Breite der Bahn, die dem Halbmesser r entsprechende Höhe y, um welche die äufsere Schiene über die innere emporragen mufs.

Es sei z. B., wie auf der Liverpooler Bahn,

Die mittlere Geschwindigkeit in der Secunde . $V = 28{,}46$ Fufs Preufs.,

Die Schräge der Radkränze $\frac{1}{a} = \frac{1}{7}$,

Die halbe Breite der Bahn $e = 2{,}28$ Fufs Preufs.,

Der Durchmesser der Räder $D = 2{,}91$ Fufs Preufs.

Für diesen Fall, und für eine Krümme von 485,6 F. (500 F. Engl.) Halbmesser giebt die obige Gleichung $y = 2{,}75$ Zoll. Um so viel also mufs in der Krümme die äufsere Schiene höher liegen als die innere.

Werden nach dem Maafs, welches die Gleichung (11.) giebt, die Schienen ungleich hoch gelegt, so wird die erste Art des Widerstandes der Krümmen dadurch gehoben. Da aber diese Aufhebung des Widerstandes durch eine Ausweichung nach der Seite erreicht wird, so wäre zu fürchten, die Ausweichung möchte so stark sein, dafs die Spurkränze der Räder an die Schienen anstreifen und sich also an denselben reiben. In diesem Falle würde man nur einen andern Widerstand an die Stelle des vorigen gebracht haben. Dieser Punct mufs also näher erwogen werden.

Wir haben bis jetzt die Schräge der Radfelgen $\frac{1}{a}$ als gegeben betrachtet. Da sich die Ausweichung der Wagen nach der Seite danach

richtet, so mufs die Schräge $\frac{1}{a}$ ein solches Maafs haben, dafs in der kürzesten Krümme die Ausweichung nie so stark ausfallen kann, dafs der Spurkranz des Rades mit der Schiene in Berührung kommt.

Die nothwendige Ausweichung nach der Seite war $\mu = \frac{aeD}{2(r+e)}$ (3.). Haben also z. B. die Räder im Ganzen auf den Schienen 2 Zoll Spielraum, so dafs, wenn der Wagen in seiner richtigen Lage steht, der Spurkranz jedes Rades von der Schiene 1 Zoll entfernt ist: so mufs μ jedenfalls kleiner sein als 1 Zoll, wobei μ die Abweichung in der kürzesten Krümme bezeichnet. Setzt man daher in der Gleichung (3.) für r den Halbmesser der Krümme, und den gröfsten Werth von $\mu = 1$ Zoll, so giebt die Gleichung den gröfsten Werth von a, oder die geringste Schräge der Radfelgen $\frac{1}{a}$.

In dem obigen Zahlenbeispiele findet sich für die gröfste Schräge der Radfelgen $\frac{1}{a} = \frac{1}{12}$; aber eine gröfsere Schräge ist um so mehr dienlich.

Auf der Liverpooler Bahn ist der Halbmesser der stärksten Krümme 833 F. lang. Dieses giebt $\frac{1}{12}$ für die Schräge der Radkränze. Aber man kann sie, wenn es zu anderem Zwecke besser befunden wird, gröfser machen. Gewöhnlich nimmt man dafür $\frac{1}{7}$ an. Dieses geschieht, um es unmöglich zu machen, dafs die Spurkränze an die Schienen stofsen, etwa bei einem starken Sturme von der Seite, oder bei zufälligen Unterbrechungen der Höhe der Schienen, durch welche die Wagen auf die niedrigen Schienen sich senken könnten. Da schon $\frac{1}{12}$ hinreichend ist, die Spurkränze von den Schienen abzuhalten, so ist das Anstreifen bei $\frac{1}{7}$ Schräge fast ganz unmöglich.

Haben die Radkränze die gehörige Schräge erhalten, so wird nun die ungleiche Höhe der Schienen den Widerstand in den Krümmen heben, ohne dafs ein neuer Widerstand entsteht; und folglich wird der Wagenzug die Krümme ohne alle Verminderung der Geschwindigkeit durchlaufen.

§. 79.

Practische Tafel über die ungleiche Höhe der Schienen.

Dieselbe wird dem Obigen zufolge durch den Ausdruck

$$y = \frac{eV^2}{2gr}\left(2 - \frac{aD}{2(r+e)}\right) - \frac{eD}{r+e} \quad (11.)$$

bestimmt, wo

D der Durchmesser der Räder,
r der Halbmesser der Krümmen,
e die halbe Breite der Bahn,
V die mittlere Geschwindigkeit der Bewegung in der Secunde,
$2g = 31{,}625$ F. die Beschleunigung der Schwere,
$\frac{1}{a} = \frac{1}{7}$, also $a = 7\mu$ und
y die Höhe der äufsern Schienen über die innern bezeichnet.

Nach der obigen Formel gerechnet, ergiebt sich folgende

Practische Tafel der Höhe, um welche in den Krümmen einer Eisenbahn die äufsere Schiene über die innere hervorragen mufs, damit der Widerstand in den Krümmen aufgehoben werde.

Beschreibung der Fuhrwerke und der Bahn.	Halbmesser der Krümmen.	Höhe der äufsern Schiene über der innern für eine Geschwindigkeit in der Stunde von 4273 Ruth.	8546 Ruth.	12819 Ruth.
	Fufs.	Zoll.	Zoll.	Zoll.
Durchmesser der Wagenräder . . 2 Fufs 10,96 Zoll.	243	1,11	5,44	12,61
Breite der Eisenbahn 4 Fufs 6,77 Zoll.	486	0,55	2,75	6,37
Spielraum der Spurkränze der Räder an jeder Seite 11,65 Linien.	971	0,28	1,39	3,20
Schräge der Radfelgen $\frac{1}{7}$.	1942	0,146	0,69	1,60
	2913	0,097	0,46	1,07
	3885	0,068	0,35	0,81
	4856	0,058	0,27	0,64

[Gegen die Ansichten und Rechnungen in diesen beiden Paragraphen möchte zunächst auch theoretisch noch einiges zu erinnern sein. So z. B. widersteht der Schwungkraft nicht blofs die Kraft, mit welcher die Last der Wagen vermöge der Schräge der Radkränze nach innen zu gleiten strebt, sobald sie zur Seite gedrückt wird, sondern auch die **Reibung** auf den Schienen, die in den obigen Rechnungen gar nicht vorkommt. Einen Körper, der sich auf seiner Unterstützung **reibt**, eine schräge Ebene hinauf zu drängen, ist mehr Kraft nöthig, als es der Fall sein würde, wenn die Reibung **nicht** Statt fände. Sodann ist die Schräge, welche für eine **bestimmte** Geschwindigkeit pafst, auch nur **dieser** angemessen. Macht man aber die Schräge so stark, dafs sie für die **äufserste** Geschwindigkeit ausreicht, so werden die Schienen durch die starke Schräge und keilförmige Gestalt der Räder sogar mehr als nöthig **auseinander gedrängt** u. s. w.

Aber noch mehr möchte gegen die conische Gestalt der Räder practisch zu erinnern sein. Da nemlich die Schienen keineswegs eine

vollkommne stetige Bahn oder Ebene bilden, so rollen die Räder auch da, wo die Bahn keine Krümmen hat, keinesweges ganz gerade aus, sondern beschreiben eine sehr langgestreckte Schlangenlinie, von einer Seite nach der andern hinüber. Sind nun die Räder conisch, so entsteht dadurch in den geraden Strecken der Bahn gerade das, was man in den Krümmen vermeiden will. Die Räder bekommen nun, wenn sie conisch sind, durch das Schwanken von einer Seite nach der andern ungleiche Halbmesser, und müssen also auf der Bahn mehr oder weniger fortgeschleift werden; ja das Schwanken wird dadurch nur um so stärker. Und da nun die geraden Strecken der Bahn bei weitem mehr ausmachen als die krummen, so wird eigentlich mehr verloren als gewonnen. Deshalb hat man auch in neuester Zeit, so viel mir bekannt, die conische Gestalt der Räder ziemlich wieder aufgegeben, und macht sie, bis zu den Spurkränzen, wieder ganz cylindrisch; und, wie es scheint, mit Recht.

Gegen das Uebel, welches die conische Form der Räder und die ungleiche Höhe der Schienen haben soll, dürfte es vielleicht practisch nicht wohl ein anderes Mittel geben, als die Wagen so einzurichten, dafs sich die beiden Räder einer Achse, obgleich daran befestigt, unabhängig von einander, also mit verschiedener Geschwindigkeit drehen können; was auch wohl angehen möchte; dann aber, die Halbmesser der Krümmen so grofs zu machen als möglich; nie kleiner als 200 bis 300 Ruthen. D. H.]

Abschnitt II.

Von den Rampen.

§. 80.

Vom Widerstande der Wagenzüge auf Rampen.

Abhänge sind ein grofses Hindernifs der Bewegung auf Eisenbahnen. So wie die Wagenzüge einen Abhang erreichen, vergröfsert sich der Widerstand ungemein, weil die ganze Last den Abhang hinauf gehoben werden mufs.

Gesetzt ein Dampfwagen habe eine Last von 2240 Ctr. zu ziehen. Da die Reibung auf horizontaler Bahn den 280sten Theil der Last beträgt, so sind dazu auf horizontaler Bahn 8 Ctr. Zugkraft nöthig. Nun möge sich der Wagenzug einen Abhange von 1 auf 100 hinauf bewegen sollen. Alsdann wird zu dem Widerstande der Reibung ein neuer Widerstand

hinzukommen, welcher dem Bestreben gleich ist, welches die Last haben würde, von dem Abhange hinab zu rollen. Derselbe verhält sich zu der Last, wie die Höhe des Abhanges zu seiner Länge. In dem angenommenen Falle also, und wenn wir noch das Gewicht des Dampfwagens selbst zu 200 Ctr. anschlagen, so dafs die ganze den Abhang hinaufzuziehende Last 2440 Ctr. beträgt, wird der auf dem Abhange hinzukommende Widerstand $\frac{2440}{100} = 24,4$ Ctr. ausmachen. Da nun 1 Ctr. Zugkraft auf der Ebene 280 Ctr. Last fortschafft, so wird es a u f d i e s e m A b h a n g e eben so sein, als wenn $280 . 24,4 = 6832$ Ctr. Last m e h r, mithin im Ganzen $2240 + 6832 = 9072$ Ctr. Last auf horizontaler Bahn fortzuziehen wären.

Hiernach ist die Zugkraft auf Abhängen zu berechnen, und wir haben das Beispiel gegeben, weil man zuweilen in solchen Fällen blofs das Gewicht der von den Dampfwagen fortgezogenen Last in Anschlag gebracht findet, während gleichwohl auch noch das Gewicht des Dampfwagens selbst in Betracht kommen mufs, welches in jenen Fällen einen Theil der fortzuziehenden Last ausmacht.

Rücksichtlich des Brennstoffes werden wir sehen, dafs die Rampen auf der Liverpooler Bahn, obgleich sie fast unmerklich zu sein scheinen, gleichwohl einen Aufwand von einem Sechstheil mehr erfordern, als auf horizontaler Bahn nothwendig sein würde. Man sieht daraus, wie wichtig es ist, eine Eisenbahn so viel als möglich h o r i z o n t a l zu bauen. Man glaubt zuweilen etwas zu ersparen, wenn man es vermeidet, Anhöhen zu durchschneiden, oder Dämme durch Thäler zu schütten. Aber das ist häufig ein Irrthum; das erste Anlage-Capital wird dadurch vielleicht vermindert, die jährliche Mehr-Ausgabe dagegen kann bei weitem die Ersparung übersteigen, und folglich hat man eigentlich nicht gewonnen sondern verloren. Die Mehr-Ausgabe kann sogar das ganze Werk uneinträglich machen. [Man findet über diesen Gegenstand Mehreres in der Abhandlung No. 11. im 4. Hefte 9ten Bande dieses Journals. D. H.]

Rampen auf Eisenbahnen können es nicht allein unmöglich machen, die Frachtpreise für Güter genugsam herabzusetzen, sondern, was wichtiger ist, die Gefahr beim Herabfahren von den Anhöhen kann das öffentliche Vertrauen in die Sicherheit der Fahrt vernichten. Man mufs also nicht die wichtige Regel vergessen, dafs es nicht blofs darauf ankommt, eine g l a t t e, sondern auch eine möglichst h o r i z o n t a l e Bahn zu bauen. Das letzte ist aufserdem das einzige Mittel, Dampfwagen wirksam zu machen.

Ist es indessen unmöglich, Abhänge zu vermeiden, und hat man stehenden Dampfmaschinen wegen des unvermeidlichen Aufenthaltes bei dem Dienste derselben entsagt, so giebt es nur noch zwei Mittel. Entweder muſs dann die Ladung so weit vermindert werden, daſs die Kraft der Maschine hinreicht, mit derselben den Abhang zu ersteigen; oder man muſs eine oder mehrere Hülfsmaschinen vorspannen.

Auf der Liverpooler Bahn übersteigen die Züge von Personenwagen, weil sie nicht sehr schwer sind, selten die Kraft der Maschine, selbst nicht an den steilsten Stellen, welche 1 auf 89 und 1 auf 96 Abhang haben. Die Maschinen bekommen keine Hülfe, und beim Hinabfahren wird die Geschwindigkeit bloſs durch den Regulator gemäſsigt. Den Wagenzügen dagegen, welche für eine einzelne Maschine zu schwer sind, spannt man eine am Fuſse der Rampe bereit stehende und bloſs zu diesem Zwecke bestimmte zweite Dampfmaschine vor. Diese Hülfsmaschinen sind für eine langsame Bewegung und groſse Kraft-Aeuſserung eingerichtet. Die Cylinder haben 11,65 bis 13,69 Zoll im Durchmesser; ihr Kolbenlauf ist gewöhnlich 15,54 Zoll lang; die Räder dagegen haben nur 4 Fuſs 4,4 Zoll im Durchmesser. Auſserdem sind die Maschinen, um stark auf die Schienen einzugreifen, 236 Ctr. schwer, und die vier Räder sind gekuppelt. Diese Hülfsmaschinen, da sie sich langsamer fortbewegen, erfordern dann auch in der Regel weit weniger Ausbesserungen.

Auf der Darlingtoner Bahn sind der Abhänge zu viele, als daſs bei jedem eine Hülfsmaschine aufgestellt werden könnte. Hier also vermindert man die Ladung um so weit, daſs eine und dieselbe Maschine sie über alle Anhöhen hinwegzuschaffen vermag.

Die Dampfwagen verstärken indessen, so wie sie bei einem Abhange anlangen, ihre Kraft beträchtlich, weil die Geschwindigkeit der Bewegung bedeutend abnimmt und die Cylinder weniger Dampf consumiren. Da nun das durch die vorherige Geschwindigkeit der Maschine heftig angefachte Feuer noch fortfährt, die nemliche Menge Dampf zu entwickeln, so muſs ein groſser Theil desselben durch das Sicherheitsventil entweichen. Aber die Oeffnung desselben ist zu enge, um allen Dampf ausströmen zu lassen. Auch leistet die Feder, welche das Ventil niederdrückt, mehr und mehr Widerstand, wie der Dampf das Ventil höher hebt, um sich einen Ausweg zu verschaffen. Die Folge davon ist, daſs der Dampf, weil er

nicht so schnell entweichen kann als er erzeugt wird, eine höhere Spannung im Kessel annimmt.

Diese Verstärkung der Spannung hängt offenbar von verschiedenen Umständen ab: von der Gröfse der Ventil-Öffnung; von der Dampf-Erzeugungskraft des Kessels; von der vorherigen Anfachung des Feuers, und von der Länge des Hebels der Federwage. Bei einigen Maschinen kann, wie oben bei der Dampfspannung bemerkt, die Verstärkung dieser Spannung bis 10 Pfd. auf den Quadratzoll betragen.

In solchem Falle also kann die Dampfspannung, wenn sie 50 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt, beim Ersteigen eines Abhanges um den fünften Theil zunehmen; was beträchtlich ist. Dieses mufs daher bei Berechnung der Ladungen, welche die Maschinen ziehen sollen, in Betracht gezogen werden. Doch ist solches nur dann nöthig, wenn die Rampen nicht sehr lang sind, weil auf langen Abhängen das Feuer bald weniger stark angefacht wird, und also die Verstärkung der Dampfspannung wieder nachläfst. Uebrigens mufs das Gewicht der Maschine immer so stark sein, dafs die Räder hinreichend auf die Schienen eingreifen; worüber das Weitere im folgenden Capitel vorkommt.

Noch in einem andern Falle müssen die Maschinen eine erhöhte Anstrengung machen. Nemlich bei dem Anfange der Bewegung. In der That mufs da die Maschine, die, wenn die Masse schon in Bewegung ist, blofs den Widerstand zu überwinden hat, eine stärkere Kraft anwenden, um ihr erst die Bewegung mitzutheilen. Im ersten Falle ist blofs die Geschwindigkeit zu erhalten: im andern ist sie hervorzubringen. Die Zulage an Kraft bezieht sich hier auf die sogenannte *vis inertiae* der Materie; was aber, in so fern man der Materie damit einen eigenthümlichen Widerstand beilegt, eine uneigentliche Benennung ist.

Der Anfang der Bewegung ist also für Dampfwagen, die eine schwere Ladung fortziehen sollen, eine schwierige Aufgabe. Indessen erlangt die Maschine auch hier, wie bei dem Ersteigen von Abhängen, eine beträchtlich zunehmende Kraft. Die Langsamkeit der Bewegung bringt hier zweierlei Wirkungen hervor. Die Spannung in den Cylindern nimmt gleichförmig mit der im Kessel zu, und diese nimmt zu durch die Wirkung der Federwage. Ungeachtet dieses doppelten Gewinns ist indessen die Schwierigkeit des Anfangs der Bewegung bei schweren Ladungen so bedeutend, dafs wir rathen möchten, dem Anfange der Bahn einen kleinen

Fall zu geben. Dann wird sich der Wagenzug nicht allein bei der Abfahrt leichter in Bewegung setzen lassen, sondern es wird auch bei der Ankunft das starke Hemmen vermieden werden, welches den Rädern und Wagen sowohl als der Bahn selbst stets nachtheilig ist.

§. 81.

Practische Tafel des Widerstandes, welchen Wagenzüge auf Rampen finden.

Im vorigen Paragraph haben wir angezeigt, wie der Widerstand, welchen die Wagenzüge auf Rampen finden, zu berechnen sei. Darnach ist die folgende Tafel für die gewöhnlichsten Fälle aufgestellt.

Es ist klar, dafs die in der Tafel angegebenen Ladungsgewichte nur auf den Widerstand auf den Abhängen sich beziehen, und nicht etwa die Gewichte sind, welche die Maschinen fortzuziehen vermögen, die vielmehr von der Kraft der Maschine, von der weiter oben die Rede war, und von dem Eingreifen der Räder, wovon das nächste Capitel handeln wird, abhängen.

Die Tafel, welche die Ladungen auf Abhängen auf Ladungen auf horizontaler Bahn reducirt, dient, um danach vermittelst der frühern Tafeln entweder die Ladungen zu finden, welche eine Maschine einen gegebenen Abhang hinaufzuschaffen vermag, oder umgekehrt, den Abhang, welchen die Maschine mit einer gegebenen Ladung zu ersteigen im Stande ist.

Practische Tafel des Widerstandes, welchen Wagenzüge auf Rampen finden.

Gewicht des Dampfwagens.	Gewicht des Wagenzuges sammt Munitionswagen.	Gewicht derjenigen Ladung, welche auf horizontaler Bahn denselben Widerstand machen würde, wie die nebenstehende Ladung auf Abhängen von					
		1 auf 500.	1 auf 400.	1 auf 300.	1 auf 200.	1 auf 150.	1 auf 100.
	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.
158 Ctr.	493	867	946	1104	1399	1715	2306
	986	1636	1794	2070	2582	3114	4179
	1478	2405	2621	3016	3765	4533	6051
	1971	3173	3469	3962	4947	5953	7924
	2465	3942	4297	4908	6130	7352	9796
	2957	4711	5144	5874	7313	8771	11669
197 Ctr.	493	887	986	1143	1459	1794	2424
	986	1656	1833	2109	2641	3193	4297
	1478	2424	2661	3055	3824	4612	6169
	1971	3193	3508	4001	5006	6031	8042
	2465	3962	4336	4947	6189	7431	9914
	2957	4731	5184	5913	7372	8850	11787
	3449	5499	6012	6859	8554	9897	13659
	3942	6268	6859	7805	9737	11669	15532

Gewicht des Dampfwagens.	Gewicht des Wagenzuges sammt Munitionswagen.	Gewicht derjenigen Ladung, welche auf horizontaler Bahn denselben Widerstand machen würde, wie die nebenstehende Ladung auf Abhängen von					
		1 auf 500.	1 auf 400.	1 auf 300.	1 auf 200.	1 auf 150.	1 auf 100.
	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.
236 Ctr.	493	907	1005	1183	1518	1872	2543
	986	1675	1853	2148	2700	3272	4415
	1478	2444	2681	3095	3883	4691	6288
	1971	3213	3528	4041	5066	6110	9737
	2465	3982	4356	4987	6248	7510	10033
	2957	4750	5204	5953	7431	8929	11905
	3449	5519	6031	6899	8613	10348	13778
	3942	6288	6879	7845	9796	11747	15650
	4435	7056	7726	8791	10979	13167	17523
	4928	7825	8554	9737	12161	14586	19395

Achtes Capitel.

Von der Reibung der Räder auf den Bahnschienen.

§. 82.

Maafs derselben.

Die oben beschriebenen Versuche über die Geschwindigkeit und Ladung der Dampfwagen geben zugleich Auskunft über einen andern Gegenstand bei der Bewegung dieser Maschinen, von welchem wir noch nicht gehandelt haben, nemlich über das Eingreifen der Räder auf die Schienen.

Wir haben bei der Beschreibung eines Dampfwagens bemerkt, dafs die Kraft des Dampfes eben so wirkt, wie wenn man die Fuhrwerke durch Eingreifen in die Speichen der Räder forttriebe. Da nun bei dieser Wirkungsart der einzige Gegenstützpunct der Kraft das Eingreifen der Räder auf die Schienen ist, so würde der Dampf, wenn die Gegenwirkung zu schwach wäre, die Räder zwar drehen, aber sie würden auf den Schienen schleifen, statt einzugreifen; sie würden sich drehen, aber der Dampfwagen würde an derselben Stelle stehen bleiben.

Je schwerer die Ladung ist, welche die Maschine fortziehen soll: je gröfser ist die dazu nöthige Zugkraft, und je mehr Widerstand müssen also die Stützpuncte leisten, auf welchen die Räder aufstehen. Wenn daher die Ladung zu stark ist, so ist zu fürchten, dafs, wenn es gleich der Maschine sonst noch nicht an Kraft fehlt, doch die Stützpuncte auf den Schienen nicht Widerstand genug leisten werden.

Die obigen Versuche geben das Maafs des Widerstandes der Schienen in trockener Jahreszeit. Bei keinem dieser Versuche wurde die Bewegung aus Mangel an Widerstand unterbrochen, oder auch nur zweifelhaft, obgleich Ladungen von mehr als 4000 Ctr. darunter vorkamen. Bei dem ersten Versuche mit der *Fury* z. B., am 24. Juli, zog dieser Dampfwagen einen Theil des Tages hindurch 4809 Ctr. Es mufs also das Eingreifen seiner Räder auf die Schienen für diese starke Ladung hinreichend gewesen sein. Nun wiegt die *Fury* 161,6 Ctr., und dieses Gewicht des Wagens ist so vertheilt, dafs nur 108,4 Ctr. von den Hinterrädern getragen werden, welche allein die wirkenden Räder sind, indem die andern Räder die Maschine nicht vorwärts treiben, sondern nur führen. Es schaffte also ein Gewicht des Wagens von 108,4 Ctr. 4809 Ctr. Ladung fort, folglich beinahe das $44\frac{1}{2}$ fache. Daraus folgt, dafs ein Dampfwagen, dessen Räder gekuppelt sind, gewifs $44\frac{1}{2}$ mal sein eigenes Gewicht fortzuziehen vermag.

Wir sagten, dafs die *Fury* blofs mit zweien ihrer Räder auf die Schienen eingriff. Auf der Liverpooler Strafse ist dies bei allen Reisemaschinen der Fall, weil bei ihnen das Eingreifen blofs zweier Räder für die Ladung, welche sie zu ziehen haben, hinreichend ist. Die Hülfsmaschinen dagegen greifen mit allen vier Rädern ein, wie schon oben bemerkt ist. Der *Atlas* ist die einzige Reisemaschine, welche hievon eine Ausnahme macht. Dieser Dampfwagen hat sechs Räder, von welchen vier gleiche Durchmesser haben und alle vier von den Kolben in Bewegung gesetzt werden. Die beiden übrigen, welche kleiner sind und keine Spurkränze haben, können, vermittelst der Wirkung des Dampfes auf einen beweglichen Kolben, von den Schienen abgehoben werden. Diese sinnreiche Anordnung, welche mehr als einen Nutzen hat, indem sich auch z. B. mittelst derselben das Gewicht des Wagens auf 6 Räder vertheilen läfst, ohne die Maschine künstlicher zu machen, als wenn sie nur 4 Räder hätte, rührt von Herrn *J. Melling* zu Liverpool her, welcher damit insbesondere beabsichtigte, der Maschine eine gröfsere Feuerkammer und folglich eine stärkere Dampf-Erzeugungskraft zu verschaffen.

Wir haben das Maafs der Wirkung des Eingreifens der Dampfwagenräder auf die Schienen angedeutet. Aber es läfst sich auch die Stärke des Eingreifens selbst schätzen. Die Ladung von 4809 Ctr. z. B. erforderte 1889 Pfd. Zugkraft. Das Eingreifen betrug also mindestens 1889 Pfd.; denn sonst würden sich die Räder herumgedreht haben, ohne sich

fortzubewegen. Nun war die von den Schienen getragene Last des Dampfwagens 108,4 Ctr. oder 11925 Pfd. Also betrug das Eingreifen der Räder auf die Schienen etwa den 6ten Theil der aufdrückenden Last. Da für jede Tonne 8 Pfd. (engl.) Zugkraft auf horizontaler Bahn nöthig sind [der 280ste Theil der Last], so ist jener Ausdruck genau dem vorigen gleich. [Nemlich von 4809 Ctr. ist der 280ste Theil 1889 Pfd.]

Im Winter, wenn die Schienen, in Folge der feuchten Witterung, schlüpfrig und schmutzig sind, ist das Eingreifen der Räder auf dieselben viel weniger stark. Indessen sind die Dampfwagen, einige ausserordentliche Fälle ausgenommen, immer noch im Stande, eine Ladung von 15 Wagen, mit den Munitionswagen 1478 Ctr. schwer, fortzuschaffen; das heisst, das 14fache ihres eingreifenden Gewichts. Oder mit anderen Worten: da die 1478 Ctr. Ladung 581 Pfd. Zugkraft erfordern, so beträgt die Kraft des Eingreifens der Räder immer noch den 20sten Theil des eingreifenden Gewichtes [nemlich etwa der 20ste Theil von 108,4 Ctr. eingreifendes Gewicht ist 581 Pfd.].

Da auch das Eingreifen der Räder ein unerläfsliches Erfordernifs für die Wirkung eines Dampfwagens zum Fortziehen einer Last ist, so sind für das Fortziehen überhaupt zwei Bedingungen nothwendig. Erstlich müssen die Maafse und Verhältnisse der Theile der Maschine und ihres Kessels von der Art sein, dafs die Wirkung des Dampfes auf die Kolben in den Cylindern eine hinreichende Zugkraft hervorbringt, oder dafs die Maschine eine eigentlich so zu nennende hinreichende Kraft habe, und zweitens mufs ihr Gewicht so grofs sein, dafs die Räder hinreichend stark auf die Schienen eingreifen können. Diese beiden Bedingungen, der Kraft der Maschine und ihres Eingreifens, müssen mit einander in richtigem Verhältnisse stehen. Denn wenn die Maschine mehr Kraft hat, als dem Eingreifen der Räder angemessen ist, so kann Dampf verloren gehen, weil das Eingreifen der Räder die Wirkung der Maschine beschränkt; und wenn die Maschine für ihre Kraft zu schwer ist, so ist ihr Gewicht zum Theil eine unnütze Bürde, weil die Wirkung wieder durch die Kraft der Maschine begrenzt ist.

§. 83.

Von Dampfwagen auf gewöhnlichen Strafsen.

Die Beträchtlichkeit der Ladungen, welche Dampfwagen bei den oben beschriebenen Versuchen fortgezogen haben, werden die Befürchtung

Derjenigen heben, welche glauben, daſs die Räder der Dampfwagen stets geneigt seien, auf den Schienen fortzuschleifen, und welche sich, wenn sie die Absicht haben, sich der Dampfwagen auf gewöhnlichen Straſsen zu bedienen, bemühen, jenen eingebildeten Uebelstand auf diese oder jene Weise zu heben, ohne erst zu untersuchen, ob das Eingreifen der Räder dort nicht etwa noch stärker sei.

Wir sahen, daſs ein Dampfwagen auf einer Eisenbahn, durch die Kraft des Dampfes und durch das Eingreifen auf die Schienen, bis 4809 Ctr. und mindestens 1478 Ctr. fortzieht. Die Ladungen sind also gleichsam zwischen diesen beiden Grenzen eingeschlossen.

Auf gewöhnlichen Straſsen, deren Widerstand gegen die Zugkraft viel beträchtlicher ist, würde natürlich keiner der oben gedachten Dampfwagen im Stande sein, durch die Kraft des Dampfes 1478 Ctr., und noch viel weniger 4809 Ctr. fortzuschaffen. Die Ladungen auf gewöhnlichen Straſsen werden immer bei weitem geringer sein müssen als auf Eisenbahnen. So wäre es denn auch ohne Nutzen, wenn man den Widerstand des Eingreifens, der eine bloſs todte Kraft ist, verstärken wollte und könnte, da die Wirkung der Kraft des Dampfes beschränkt ist.

Man kann annehmen, daſs der geringsten Ladung von 1478 Ctr. auf einer Eisenbahn noch nicht die stärkste Ladung auf einer gewöhnlichen Straſse beikommt.

Wir wollen den gleichen Dampfwagen, mit dem gleichen eigenen Gewicht und der gleichen Dampfspannung, in den beiden Fällen betrachten.

Die von Herrn *Telford* angestellten Versuche über die auf verschiedenen Arten von Straſsen nöthige Zugkraft ergeben, daſs die Zugkraft auf der Straſse von Liverpool nach Holyhead, der besten in England, folgende ist. (Man sehe den Bericht der Commission der Holyhead Straſse.)

1)	Auf einem guten Pflaster	1 auf 67,9.
2)	Auf einer Oberfläche von zerschlagenem Hornstein .	1 auf 34,5.
3)	Auf einer Kies-Chaussée	1 auf 15,2.
4)	Auf einer auf rauhes Pflaster gelegten Decke von zerschlagenen Steinen	1 auf 48,7.
5)	Auf einer Decke von zerschlagenen Steinen, die auf einer Fundamentirung von Parker-Cement und Kies liegt,	1 auf 48,7.
	Im Durchschnitt .	1 auf 33,4.

Auf einer Eisenbahn ist die Zugkraft 1 auf 280. Also ist der Widerstand auf der Holyhead Straſse mehr denn 8 mal so stark als auf einer Eisenbahn.

Daraus folgt, daſs z. B. die *Fury*, welche mit 66,7 Pfd. wirksamer Dampfspannung auf den Quadratzoll 4809 Ctr. auf horizontaler Eisenbahn fortzuziehen vermochte, auf der Holyhead Straſse, mit der nemlichen Dampfspannung, unter keinen Umständen mehr als den 8ten Theil davon, oder höchstens 600 Ctr. fortzuziehen im Stande sein würde. Die stärkste Ladung auf gewöhnlichen Straſsen würde also nur etwa zwei Fünftheil der geringsten Ladung auf der Eisenbahn betragen.

Sodann muſs man erwägen, daſs der Widerstand des Dampfwagens selbst, gleich dem der Lastwagen, auf der gewöhnlichen Straſse viel stärker ist. Es geht also von den 600 Ctr., welche die *Fury* sonst möchte fortschaffen können, noch eine verhältniſsmäſsige Verminderung der Wirkung ab.

Der Widerstand auf gewöhnlichen Straſsen setzt der nutzbaren Wirkung des Dampfes viel engere Schranken, als das Gleiten der Räder auf Eisenbahnen. Unter allen Umständen sind, rücksichtlich der Ladungen, die Dampfwagen auf Eisenbahnen im Vortheil.

Es scheint indessen ein anderer Umstand zu Gunsten des Dampf-Fuhrwerkes auf gewöhnlichen Straſsen zu sprechen; nemlich die viel geringere Höhe der Anlagekosten der gewöhnlichen Straſsen. Die Kosten des Baues und der Erhaltung von Eisenbahnen sind in der That hoch. Ein Theil derselben wird erspart: aber es geht dagegen auch der Hauptnutzen der Unternehmung verloren. Warum sollte man nun das Ausgeben einer gröſsern Summe scheuen, wenn auch ein gröſserer Vortheil zu erzielen ist? Warum höhere erste Anlage-Kosten vermeiden, wenn sich dadurch mehr an jährlichen Ausgaben sparen läſst, als die Zinsen des Capitals betragen? Und dieser Fall findet wirklich bei Eisenbahnen Statt. Man wendet Kosten an, den Weg zu bahnen und die Schwierigkeit des Transports zu vermindern, um dann an den Kosten desselben zu gewinnen. Was würde man von Jemanden sagen, der quer über das Feld führe, um die Straſse zu vermeiden? Er würde zuverlässig mehr verlieren als gewinnen.

So verhält es sich mit den Eisenbahnen. Eine 60jährige Erfahrung hat bewiesen, daſs es vortheilhaft ist, dergleichen Bahnen für Pferdekraft zu bauen. Warum sollte der Vortheil nicht auch für Dampfkraft, oder für irgend eine andere bewegende Kraft vorhanden sein? Welchen Ge-

winn immer Dampfwagen auf gewöhnlichen Strafsen bringen mögen: unfehlbar mufs der Gewinn auf Eisenbahnen gröfser sein.

Man verwundert sich, wenn man einen Dampfwagen auf einer gewöhnlichen Strafse drei Personenwagen, jeden mit 12 bis 15 Passagieren besetzt, fortziehen sieht. Aber auf der Liverpooler Strafse hat ein Dampfwagen zur Zeit der Pferderennen schon 800 Personen, mit $3\frac{1}{4}$ Meilen Geschwindigkeit auf die Stunde, fortgeschafft.

Man wird vielleicht sagen, dafs ein Dampfwagen auf einer gewöhnlichen Strafse auch wohl mehr als 3 Wagen, mit Passagieren besetzt, fortzuziehen vermögen dürfte. Bis jetzt ist es noch nicht geschehen; die meisten Dampfwagen bringen auf gewöhnlichen Strafsen sogar nur 18 bis 20 Personen auf einmal fort. Der Grund davon ist leicht einzusehen. Die meisten Strafsen nemlich sind nicht ohne beträchtliche Gefälle. Da dieselben überstiegen werden müssen, so darf man dem Dampfwagen nur diejenige Ladung geben, welche er über die steilste der Anhöhen zu bringen vermag. Gesetzt nun das steilste Gefälle wäre 1 auf 12: so kommt zu dem Gewichte dreier Personenwagen, von etwa 177 Ctr., wegen der Wirkung der Schwere, noch so viel hinzu, dafs es ist, als habe der Dampfwagen auf horizontaler Strafse 887 Ctr. oder 15 Personenwagen fortzubringen. Ein Dampfwagen, welcher auf eine beträchtliche Strecke Weges 3 Personenwagen fortziehen soll, mufs also im Stande sein, 15 solcher Wagen auf horizontaler Strafse fortzuschaffen. Dieses ist aber das Aeufserste, was man, selbst wohl von weiteren Vervollkommnungen erwarten darf; denn 15 Wagen auf gewöhnlicher Strafse sind so viel als 120 Wagen auf einer Eisenbahn. Zwei bis drei Personenwagen sind daher auf einer gewöhnlichen Strafse für einen Dampfwagen schon die äufserste Ladung.

Durch die möglichste Wegschaffung der Gefälle, was eben besonders die hohen Anlagekosten verursacht, werden nun aber Eisenbahnen dahin gebracht, dafs die nemliche Maschine 40 beladene Personen- oder Frachtwagen fortbringen kann; und dieses ist 12 bis 20 mal mehr. Um auf einer gewöhnlichen Strafse das Nemliche zu leisten, sind 12 mal so viel Dampfwagen, Wagenführer und Feuerschürer nothwendig. Ferner sind rücksichtlich der Feuerung leichte Ladungen für Dampfwagen unvortheilhaft, und man kann annehmen, dafs deshalb die Kosten verdoppelt werden. Es folgt also immer mehr, wie sehr unvortheilhaft gewöhnliche, den Dampfwagen so viel Unebenheiten entgegensetzende Strafsen sind.

Schon auf Eisenbahnen sind die Ausbesserungen der Dampfwagen kostbar. Auf der Liverpooler Strafse sind von den 30, der Gesellschaft gehörenden Dampfwagen blofs 10 regelmäfsig im Dienste, zum Transport von Personen und Gütern. Sie fahren 8 bis 10 Stunden täglich, und die Kosten, um sie im Gange zu erhalten, betragen für die 10 Dampfwagen jährlich an 120 000 Thlr., also für jeden jährlich an 12 000 Thlr. Diese Kosten werden bezahlt, und bringen noch Vortheil, weil die Wagen auf der Eisenbahn sehr grofse Lasten fortschaffen; aber anders würde es sich verhalten, wenn die Ladungen geringer wären, oder, was dasselbe ist, wenn mehr Dampfwagen nöthig wären, um das Nemliche zu leisten. Aufserdem würden die Kosten noch weit gröfser sein, wenn die Dampfwagen, statt auf der viel ebeneren Eisenbahn hinzurollen, auf der im Vergleich rauhen und holperigen Oberfläche einer gewöhnlichen Strafse ihren Weg machen sollten. Und dieses für 12 mal so viele Dampfwagen! Anlage-Capital und Zinsen, Kosten der Wagenführer und Feuerschürer, des Brennstoffes und der Ausbesserungen, würden bald alle gehoffte Ersparung verschlingen.

Aber der Hauptvortheil solcher Unternehmungen liegt in der Schnelligkeit der Fahrt. Als noch die 12 606 Ruthen lange Strafse von Liverpool nach Manchester 4 Stunden Zeit erforderte, fuhren täglich etwa 450 Personen von einer Stadt zur andern. Jetzt, wo die Dampfwagen auf der Eisenbahn nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden Zeit brauchen, fahren täglich 1200 Personen. Die Schnelligkeit ist die Hauptursache des Gewinns. Sie fällt weg, wenn die Dampfwagen blofs $1\frac{3}{4}$ bis $2\frac{1}{4}$ Meilen in der Stunde zurücklegen.

Dürfen die Dampfwagen, wie es auf Eisenbahnen der Fall ist, 160 bis 180 Ctr. wiegen, so kann der Kessel grofs genug gemacht werden, um eine hinreichende Menge Dampf für eine grofse Geschwindigkeit zu entwickeln. Wird man dagegen durch die Natur der Strafse gezwungen, das Gewicht des Wagens auf etwa 60 Ctr. zu beschränken, während alle Theile desselben stärker sein müssen, um den Stöfsen auf einer rauhen Bahn zu widerstehen, so läfst sich natürlich nur weniger Heitzfläche im Kessel, und folglich nur eine geringere Geschwindigkeit erlangen. Und in der That legt das Dampffuhrwerk auf gewöhnlichen Strafsen nur $1\frac{3}{4}$ bis $2\frac{1}{4}$ Meilen in der Stunde zurück.

Im Allgemeinen ist zu bemerken, dafs bis jetzt das Gedeihen des Dampffuhrwerkes auf gewöhnlichen Strafsen noch immer eine unsichere

Speculation war, während die Eisenbahnen, welche auch die bewegende Kraft sein mag, immer weiter sich ausdehnen. Das Dampffuhrwerk mag auf gewöhnlichen Strafsen möglich sein: aber wie grofs auch der Gewinn dabei sein mag, so ist es doch unzweifelhaft, dafs der Gewinn von den nemlichen Dampfwagen auf Eisenbahnen noch bei weitem gröfser sein wird.

Neuntes Capitel.
Vom Brennstoff.

§. 84.
Verhältnifs des Brennstoffes zur Ladung.

Wir haben noch einen interessanten Gegenstand abzuhandeln, nemlich den Aufwand an Brennstoff.

Der Dampf, unter welchem Druck er auch im Kessel erzeugt werden mag, nimmt, dem gemäfs, was wir oben auseinandergesetzt haben, so wie er in den Cylinder gelangt, eine Spannung an, welche dem Widerstande des Kolbens gleich ist. Die Wirkung der Maschine beruht also auf der Verwandlung einer gewissen, aus dem Kessel gezogenen Dampfmenge, die folglich die Spannung im Kessel hat, in eine Dampfmasse von geringerer Spannung und gröfserem Volumen.

Wir wollen annehmen, eine und dieselbe Maschine solle, mit gleicher Spannung im Kessel, einen gleich langen Weg mit verschiedenen Ladungen zurücklegen. Da die Länge des Weges in den beiden Fällen gleich sein soll, so ist auch die Zahl der Umdrehungen der Räder, und folglich der Kolbenläufe und der aufgewendeten Cylinder voll Dampf, in den beiden Fällen die nemliche. Wäre auch die Ladung die nemliche, so würde der Dampf gleiche Spannung haben. Da aber die Ladung verschieden ist, so wird zwar dieselbe Zahl von Cylindern voll Dampf consumirt werden, aber die Spannung des Dampfes in den beiden Fällen wird verschieden sein.

Der Aufwand an bewegender Kraft wird also eine gewisse Dampfmasse, in dem einen Falle z. B. von der Spannung R, im anderen Falle von der Spannung R_1 sein.

Die Spannung des Dampfes im Kessel wurde in den beiden Fällen gleich angenommen; also auch die Temperatur desselben. Da die Temperatur des Dampfes bei seinem Durchgange nach den Cylindern keine Veränderung erleidet, indem die Röhren und die Cylinder selbst, in dem Kessel sich befinden, oder doch von dem Feuer umspielt werden, so wird auch die Temperatur des Dampfes in den Cylindern die nemliche sein.

Das Volumen und die Temperatur des sämmtlichen, auf der Fahrt consumirten Dampfes sind also in den beiden Fällen die nemlichen. Bloſs die Spannung des Dampfes in den Cylindern ist verschieden. Die Masse oder das Gewicht des Dampfes wird sich also in den beiden Fällen wie die Spannung in den Cylindern verhalten.

Da das Gewicht des Dampfes dem Gewichte des verdampften Wassers gleich ist, so werden sich die Gewichte des in den beiden Fällen verdampften Wassers wie die Spannungen in den Cylindern, oder, mit anderen Worten, wie die Widerstände der Kolben verhalten. Da ferner das Wasser im Kessel in beiden Fällen unter gleichem Drucke verdampft wird, so wird sich der zur Verdampfung nothwendige Brennstoff wie die Spannung des Dampfes in den Cylindern oder wie die Widerstände der Kolben verhalten.

Daraus folgt denn also, daſs der Aufwand an Brennstoff nicht von der Geschwindigkeit, sondern bloſs von dem Widerstande der Kolben abhängt.

Sollte vielleicht bei den beiden Fahrten die Spannung des Dampfes im Kessel nicht ganz die nemliche sein, so wird auf derjenigen Fahrt, wo sie stärker war, etwas mehr Brennstoff consumirt werden, weil die mehrereConsumtion von Brennstoff bloſs bei Erhöhung der Temperatur des Dampfes Statt finden kann. Da aber schon eine geringe Erhöhung der Temperatur eine bedeutend stärkere Spannung hervorbringt, so wird der Unterschied des Verbrauches von Brennstoff nicht beträchtlich und in der Ausübung nicht merklich sein.

Nach diesen Sätzen ergiebt sich das Verhältniſs des Aufwandes von Brennstoff für eine und dieselbe Maschine, welche verschiedene Ladungen fortzieht, und man wird danach den Brennstoff für einen beliebigen Fall finden können, sobald er für einen andern bestimmten Fall bekannt ist.

Bezeichnen Q und Q_1 die Masse von Brennstoff, und R und R_1 die Widerstände des Kolbens für zwei verschiedene Ladungen, so ist

$$1. \quad \frac{Q}{Q_1} = \frac{R}{R_1}.$$

Nun ist, wenn

M das Gewicht der Ladung, den Munitionswagen einschliefslich,

F die Reibung des Dampfwagens selbst,

d den Durchmesser der Cylinder,

D den Durchmesser der Räder,

l die Länge des Kolbenlaufes,

ϱ den Druck der Atmosphäre auf die Einheit der Fläche,

nM den Widerstand der Ladung und

δM die zusätzliche Reibung des Dampfwagens

bezeichnet, gemäfs §. 46. Gl. 4.

$$2. \quad R = (F + (\delta + n) M) \frac{D}{d^2 l} + \varrho.$$

Also ist für die andere Ladung M_1

$$3. \quad R_1 = (F + (\delta + n) M_1) \frac{D}{\delta^2 l} + \varrho.$$

Mithin gemäfs (1.)

$$4. \quad \frac{Q}{Q_1} = \frac{(F + (\delta + n) M) \frac{D}{d^2 l} + \varrho}{(F + (\delta + n) M_1) \frac{D}{d^2 l} + \varrho}.$$

Diese Gleichung kann wie folgt geschrieben werden:

$$5. \quad \frac{Q}{Q_1} = \frac{M + \left(\frac{\varrho d^2 l}{(\delta + n) D} + \frac{F}{\delta + n}\right)}{M_1 + \left(\frac{\varrho d^2 l}{(\delta + n) D} + \frac{F}{\delta + n}\right)}.$$

Wird also die Gröfse $\frac{\varrho d^2 l}{(\delta + n) D} + \frac{F}{\delta + n}$ für eine Maschine von gegebenen Maafsen ein für allemal berechnet, so ist nichts weiter nöthig, als die Gröfsen M und M_1 dazu zu addiren, um Q_1 aus Q zu finden.

Wir wollen als Beispiel eine der Liverpooler Maschinen nehmen. Es ist für dieselbe

die Reibung der Maschine, ohne Ladung, . $F = 106$ Pfd.,

der Durchmesser der Cylinder $d = 10{,}68$ Zoll,

der Durchmesser der Räder $D = 4$ Fufs $10{,}27$ Zoll,

die Länge des Kolbenlaufes $l = 15{,}4$ Zoll,

der Druck der Atmosphäre auf den Quadratfufs $\varrho = 2049$ Pfd.,

der Widerstand der Ladung $n = \frac{1}{280}$,

die zusätzliche Reibung des Dampfwagens . $\delta = \frac{1}{2240}$.

Dieses giebt

$$6.\quad \frac{\rho d^2 l}{(\delta+n)D} + \frac{F}{\delta+n} = 1281.$$

Für den *Atlas*, welcher Cylinder von 11,65 Zoll Durchmesser und 147 Pfd. Reibung hat, würde man 1577 und für die *Vesta*, mit Cylindern von 10,8 Zoll im Durchmesser und mit 181 Pfd. Reibung, 1478 finden.

Für diese verschiedenen Maschinen erhalten wir also für die zwei verschiedenen Ladungen M und M_1:

$$7.\quad \frac{Q}{Q_1} = \frac{M+1281}{M_1+1281}, = \frac{M+1577}{M_1+1577}, = \frac{M+1478}{M_1+1478}.$$

In diesen Ausdrücken bezeichnet M die Ladung in Centnern, mit Einschluſs des Gewichtes des Munitionswagens.

Man sieht leicht, daſs die Gröſse $\frac{F}{\delta+n} + \frac{\rho d^2 l}{(\delta+n)D}$ nichts anderes ist, als die Reibung der Maschine und der Druck der Atmosphäre, reducirt auf die Geschwindigkeit der Bewegung, und bezeichnend die Zahl von Centnern Ladung, welche einen gleichen Widerstand leisten würden. So bezeichnet die Summe von M und jene Gröſse den gesammten von der Maschine zu überwindenden Widerstand. Der obige Satz kommt also darauf hinaus, daſs die aufzuwendende Kraft sich wie der gesammte zu überwindende Widerstand verhält; was auch zu erwarten war.

Die zu der Ladung zu addirende unveränderliche Gröſse drückt, wie schon gesagt, den Widerstand der Maschine, oder, wenn der Ausdruck erlaubt ist, ihr unveränderliches Beharrungsvermögen (*constant vis inertiae*) aus. Da die Gröſse für jede Maschine eine andere ist, und also für jede besonders berechnet werden muſs, so fügen wir hier eine, auf die am gewöhnlichsten vorkommenden Maschinen sich erstreckende Tafel bei, um den Lesern die besondere Berechnung zu ersparen.

Tafel des Betrages des unveränderlichen Beharrungsvermögens der gewöhnlichsten Dampfwagen, nothwendig zur Ermittelung der für verschiedene Ladungen erforderlichen Brennstoffmassen.

No.	Durchmesser der Cylinder.	Länge des Kolbenlaufs.	Durchmesser der Räder.	Reibung des Dampfwagens.	Unveränderliches Beharrungsvermögen der Maschine.
	Zoll.	Zoll.	Zoll.	Pfd.	Ctr.
I.	10,68	15,54	58,27	116	1301
II.	11,65	15,54	58,27	145	1577
III.	12,62	15,54	58,27	160	1813
IV.	13,59	15,54	58,27	174	2070
V.	11,65	17,48	58,27	160	2109

§. 85.

Versuche über den Verbrauch von Brennstoff in Dampfwagen.

Die obige einfache Formel giebt direct die einem Dampfwagen in beliebigen Fällen nöthige Brennstoffmasse, sobald der Bedarf des Wagens in einem bestimmten Falle bekannt ist.

Es ist also nur nöthig, durch einen Versuch den Bedarf einer bestimmten Maschine an Brennstoff für eine bestimmte Ladung auszumitteln.

Offenbar wird das Resultat für zwei verschiedene Maschinen nach der Construction derselben verschieden sein, besonders rücksichtlich der Gröfse der Heitzfläche im Kessel. Wir haben deshalb auf der Liverpooler Eisenbahn die folgenden Versuche angestellt, und zwar, theils um die Data für die obige Formel zu erhalten, theils um die Theorie selbst durch die Erfahrung zu prüfen.

Es wurde bei den Versuchen zuerst der Munitionswagen sorgfältig geleert; darauf wurden die Cokes genau gewogen und in den Munitionswagen gethan. Aufserdem wurde die Esse der Maschine mit Brennstoff von dem untern Theil der Heitzfläche angefüllt. Beim Schlusse des Versuches wurde die Esse abermals bis zu der nemlichen Höhe gefüllt, und darauf wurde der Rest der Cokes im Munitionswagen eben so sorgfältig gewogen wie beim Anfange.

Da eine Maschine, wenn sie allein einen Wagenzug einen Abhang hinan zieht, natürlich eine stärkere Anstrengung machen mufs, als wenn sie von einer Hülfsmaschine unterstützt wird, so haben wir angemerkt, ob die Unterstützung einer Hülfsmaschine Statt fand oder nicht. Auch haben wir die Beschaffenheit der Witterung und die Temperatur des Wassers im Munitionswagen notirt, damit auch diese Umstände in Betracht gezogen werden können.

Es war bei den Versuchen öfters die Mitwirkung der Beamten der Eisenbahn nothwendig. Wir müssen hier insbesondere der Gefälligkeit des Ober-Ingenieurs der Bahn, Herrn *J. Dixon*, erwähnen, welchem wir auch für die Mittheilung des genaueren Nivellements der Bahn und anderer Notizen verpflichtet sind.

Versuche über den Brennstoffbedarf von Dampfwagen für bestimmte Ladungen.

Anm. L. M. bedeutet von Liverpool nach Manchester, und M. L. von Manchester nach Liverpool.

Name des Dampfwagens.	Richtung der Fahrt.	Datum des Versuchs.	Zahl der Wagen in dem Wagenzuge. Beladene Wagen.	Leere Wagen.	Wagen erster Classe.	Gewicht des Wagenzuges mit dem Munitionswagen.	Dauer der Fahrt von 12606 Ruthen Länge. Der Fahrt selbst.	Aufenthalt außerdem.	Wirksamer Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	Verbrauch von Cokes bester Güte während der Fahrt.	Thut für den Centner auf die Meile horizontal, nach Abzug der Hülfe,	Uebrige Umstände. Mit oder ohne Hülfe.	Transport des Wassers im Munitionswagen.	Witterung.	Anmerkungen.
						Ctr.	Min.	Min.	Pfd.	Pfd.	Pfd.				
		1834.													
Atlas.	L. M.	23. Jul.	40	—	—	3745	182	15	55,11	1545	0,064	Mit.	Kalt.	Ruhig.	
. .	L. M.	9. Jul.	25	—	—	2424	108	12	54,39	1067	0,069	Mit.	Lauwarm.	—	
. .	L. M.	4. Aug.	26	—	—	2424	118	0	54,39	1185	0,078	Mit.	Kalt.	Heiter und ruhig.	Die Kuppelstangen waren zu dicht.
. .	L. M.	14. Jul.	25	—	—	2346	91	19	63,11	1082	0,074	Mit.	Kalt.	Desgl.	
. .	L. M.	11. Jul.	25	—	—	2326	101	5	54,39	1100	0,076	Mit.	Lauwarm.	—	Ein Kolben zu lose.
. .	L. M.	28. Jun.	25	—	—	2247	110	5	54,39	1069	0,076	Mit.	Mehr heiſs.	—	
. .	L. M.	16. Jul.	20	—	—	1873	86	23	54,91	1046	0,090	Mit.	Etwas lau.	Ruhig.	
. .	L. M.	17. Jul.	15	—	—	1281	87	3	55,42	980	0,120	Mit.	Sehr heiſs.	Heiter und ruhig.	Die Achsenbuchsen eines Wagens zu dicht.
. .	M. L.	31. Jul.	8	4	—	690	114	0	30,79	853	0,168	Ohne.	—	—	
. .	M. L.	17. Jul.	3	8	—	493	86	3	55,93	697	0,189	Ohne.	Sehr heiſs.	Heiter und ruhig.	2 Wagen machten nur einen Theil des Weges.
Vesta.	L. M.	6. Jul.	20	—	—	1833	102	5	54,39	887	0,076	Mit.	Heiſs.	Ruhig.	
. .	M. L.	1. Aug.	5	5	—	552	65½	0	52,34	749	0,184	Ohne.	Sehr heiſs.	Heiter.	Etwas Wind zu Gunsten der Fahrt.
												Die Maschine, kürzlich reparirt, war noch etwas steif.			
Vulcan.	L. M.	1. Jul.	20	—	—	1932	97	3	55,93	1037	0,085	Mit.	Lauwarm.	Ruhig.	
. .	M. L.	22. Jul.	—	—	9	670	77	3	55,93	643	0,129	Ohne.	Kalt.	Heiter.	Ein wenig Gegenwind.
Leeds.	L. M.	15. Aug.	20	—	—	1636	95	0	55,42	868	0,083	Mit.	Mehr lauwarm.	Heiter u. ruhig.	
. .	M. L.	15. Aug.	8	—	—	631	77½	3	50,29	668	0,143	Ohne.	Sehr heiſs.	Desgl.	Einer der Wagen machte nur den halben Weg.
Fury.	L. M.	24. Jul.	10	—	—	1005	90	0	61,58	780	0,106	Ohne.	Kalt.	Desgl.	
. .	M. L.	24. Jul.	10	—	—	867	95	0	60,55	722	0,113	Ohne.	Kalt.	Heiter.	Theilweise ziemlich starker Seitenwind.
Jupiter.	L. M.	16. Jul.	—	—	8	650	72	3	54,39	718	0,175	Mit.	Fast kalt.	Ruhig u. heiter.	
. .	M. L.	16. Jul.	—	—	7	591	72	4	54,30	809	0,216	Mit.	—	Heiter.	Mäſsiger Gegenwind.
Firefly.	L. M.	26. Jul.	—	—	8	710	95	5	45,16	851	0,189	Mit.	Fast kalt.	Heiter.	Die Maschine war nicht in gutem Stande.
. .	M. L.	26. Jul.	—	—	8	710	78	5	50,29	842	0,186	Mit.	—	Regen und etwas Gegenwind.	Desgl.
						Zusammen 31635.				Zusammen 20199.					

Wenn wir nun diese Resultate betrachten, so finden wir, dafs weder die Spannung des Dampfes im Kessel, noch die Geschwindigkeit der Bewegung einen merklichen Einflufs auf den Verbrauch haben; was auch die Theorie ergab.

Wir finden ferner, dafs es für den Verbrauch von Brennstoff vortheilhaft ist, der Maschine, wenn es irgend möglich, ihre volle Ladung zu geben. Als z. B. der *Atlas* 493 Ctr. zog, verbrauchte er 697 Pfd. Cokes, und als er 3745 Ctr. oder fast 8 mal so viel zog, nur das Doppelte. Dieser Unterschied ist, wie oben auseinandergesetzt, blofs dem in den beiden Fällen zur Ueberwindung des Widerstandes der Luft und desjenigen des Dampf- und Munitionswagens nothwendigen Kraft-Aufwande zuzuschreiben.

Es ist zu erinnern, dafs die bei den Versuchen gebrauchten Cokes von der besten Qualität, nemlich für die Eisengiefsereien zubereitete, sogenannter Worsley-Cokes waren. Gas-Cokes sind an 12 Procent mehr nöthig, ohne den Verlust durch die grofse Zerreiblichkeit derselben zu rechnen. Auch hat man bemerkt, dafs die Schwefeltheile in den Gas-Cokes das Metall sehr zerstören. Aus diesen Gründen hat man auf der Liverpooler Bahn die Benutzung der Gaswerk-Cokes, ungeachtet ihres niedrigen Preises, ganz aufgegeben.

Gute Kohlen sind fast nicht mehr nöthig als gute Cokes; aber sie sind dem Metall, und folglich der Maschine eben so schädlich wie die Gas-Cokes.

Die Länge der Fahrt ist bei den Versuchen im allgemeinen zu 30 Meilen Engl. gerechnet und die Bahn als horizontal betrachtet worden. Da aber eine gröfsere Genauigkeit nöthig ist, um aus den Resultaten das richtige Verhältnifs des Brennstoffbedarfs auf einer horizontalen Eisenbahn zu finden, so mufs man wie folgt rechnen.

Der von der Maschine durchlaufene Theil der Bahn ist 12 606 Ruthen lang. Theilen wir diese Länge in drei Theile, so finden wir, dafs es sich mit dem Widerstande, welchen z. B. ein von dem einen bis zu dem andern Ende der Bahn gezogener Centner Last findet, wie folgt verhält.

Auf etwa 11 323 Ruthen ist die Bahn als horizontal zu betrachten (Siehe §. 67.); also findet 1 Ctr. auf diese Länge nur den Widerstand von . 11 323 R. Länge.

Auf 641 Ruthen mufs die Last Abhänge von 1 auf 89 bis 1 auf 96 ersteigen, was so viel ausmacht als das Vierfache auf dieselbe Länge, oder das Einfache auf 2 564 R. Länge.

Auf 641 Ruthen wird die Last blofs von der Schwere bergab getrieben.

Es ist also soviel, als wenn die Last, in so fern sie ohne Hülfe fortgezogen wird, statt 12 606 Ruthen 13 887 Ruthen horizontale Bahn zu durchlaufen hätte.

Ersteigt die Maschine Abhänge mit Hülfe, so ist ihre Wirkung nur etwa der dritte Theil ihrer vollen Kraft. Dann ist es, als wenn der horizontale Weg statt 12 606 R. nur 12393 R. lang wäre.

Hierbei ist nicht der Ueberschufs des Widerstandes angeschlagen, welchen der Dampfwagen selbst, mit seinem Munitionswagen, beim Ersteigen der Abhänge findet. Da beide zusammen 256 bis 276 Ctr. wiegen, und also der Widerstand so grofs ist, als der von etwa 788 Ctr. auf horizontaler Bahn: so folgt, dafs noch ein Zuschufs an Kraft nöthig ist, so grofs, als um 788 Ctr. die Abhänge, mithin 642 R. entlang, horizontal fortzuziehen. Wiegt daher der Wagenzug ohne Munitionswagen 591 Ctr., wie es der Fall ist, wenn die Maschinen ohne Hülfe die Abhänge hinan fahren, so ist der Fall so, als wenn der Zug 855 R. mehr horizontale Bahn zu durchlaufen hätte. Wiegt dagegen der Wagenzug 1182 bis 1577 Ctr., was der Fall bei Hülfsmaschinen an den Abhängen ist, so beträgt der Zuschufs für 788 Ctr., auf 642 R. lang, so viel als der für den gesammten Zug auf 427 R. lang.

Für Wagenzüge, welche an den Abhängen keine Hülfe erhalten, müssen wir also 14 741 R., und wenn sie Hülfe erhalten, 12 606 R. horizontale Bahn rechnen. Der Unterschied beträgt etwa Ein Sechstel. Dieses ist die Wirkung der Hülfsmaschinen und des Widerstandes der Abhänge.

Den Längen von 14 741 und 12 606 R. gemäfs ist in der obigen Tafel der Brennstoffbedarf für den Ctr. auf die Meile horizontaler Bahn berechnet worden.

Vergleicht man nun die Resultate der Versuche mit denen der Theorie, so wird sich finden, dafs sie gut übereinstimmen.

Der *Atlas* z. B. verbrauchte durchschnittlich, zufolge der verschiedenen, mit 25 Wagen angestellten Versuche, für 2345 Ctr. Ladung 1100 Pfd.

Cokes. Rechnen wir hiernach und setzen den 6ten Theil für die Fälle hinzu, wo die Maschinen keine Hülfe erhielten, so findet sich Folgendes.

Name des Dampfwagens.	Gewicht des Wagenzuges und des Munitionswagens.	Verbrauch an Brennstoff. Nach der Theorie.	Nach der Erfahrung.
	Ctr.	Pfd.	Pfd.
Atlas	2345	—	1100
- -	3745	1482	1545
- -	1872	970	1046
- -	1281	808	980
- -	690	754	853
- -	493	696	697
Vesta	1833	—	887
- -	670	647	749
Vulcan	1932	—	1037
- -	670	748	643
Leeds	1636	—	868
- -	631	675	668
Fury	1005	—	780
-	867	735	722

Erwägt man nun noch die verschiedenen Neben-Umstände, so wird man sehen, daſs die Theorie mit der Erfahrung so genau stimmt, als es nach der Natur des Gegenstandes nur immer möglich ist. Denn auch z. B. die Verschiedenheit bei der Schmierung der Wagen, bei der Beschaffenheit der Cokes, und vorzüglich bei der Art, wie die Esse nach vollendetem Versuche gefüllt wurde, muſste, der gröſsten Aufmerksamkeit ungeachtet, nothwendig immer beträchtliche Abweichungen zur Folge haben.

Die beschriebenen Versuche geben den Brennstoffbedarf während der Fahrt. Es ist indessen nicht zu übersehen, daſs die Maschinen auch in der Zeit zwischen den Fahrten, obgleich im Stillstand, eine gewisse Quantität Brennstoff verzehren, weil das Feuer für die nächste Fahrt unterhalten werden muſs. Einige Maschinen, der *Atlas*, die *Vesta*, und einige andere, sind zwar eigends so eingerichtet, daſs der während des Stillstandes der Maschine im Kessel erzeugte Dampf in den Munitionswagen geleitet wird, auf welche Weise er denn nicht ganz verloren geht, sondern niedergeschlagen wird und das Wasser im Munitionswagen heitzt. Aber nicht alle Maschinen haben diese Einrichtung.

Auſserdem ist jeden Morgen etwas Brennstoff nöthig, um alle Theile der Maschine und das Wasser im Kessel zu erhitzen.

Zu diesen beiden Nebenbedürfnissen muſs also ein Zuschuſs an Brennstoff gerechnet werden. Dieses ist ein Gegenstand, von welchem weiter unten die Rede sein wird.

So giebt denn bis hierher unsere Schrift die Beantwortung der vorzüglichsten Fragen, welche bei der Benutzung von Dampfwagen auf Eisenbahnen vorkommen können. Sie lehrt die Mittel, die Spannung des Dampfes im Kessel zu messen; die Ladung, die Geschwindigkeit und die Verhältnisse der Maschinentheile zu bestimmen; die verschiedenen Widerstände, welche die Maschinen zu überwinden haben, zu schätzen; die Einflüsse der Neben-Umstände bei der Bewegung in Rechnung zu bringen, und endlich, den Bedarf an Brennstoff zu finden.

Es würde also hiermit die Lösung der Aufgabe, welche wir uns vorgesetzt hatten, beendigt sein. Da indessen die Kenntniſs der Maschinen, von welchen wir handeln, nur dann erst vollständig ist, wenn man auch die Kosten der Fortschaffung einer bestimmten Ladung zu berechnen vermag, so geben wir, in einem Anhange, auch noch Dasjenige, was dazu nöthig ist.

[Man muſs gestehen, daſs die Vollständigkeit, die Gründlichkeit, der practische Sinn und der mathematische Geist zugleich, womit der Herr Verfasser seinen Gegenstand abgehandelt hat, in jeder Beziehung ausgezeichnet sind; daſs sein Werk, in der wahren Bedeutung des Worts, classisch zu nennen sind, und daſs man wünschen müſste, Gegenstände dieser Art möchten immer mit solcher Gründlichkeit, gleich fern von Empirik und eitler Theorie, behandelt werden. D. H.]

Anhang.

Kosten der Zugkraft von Dampfwagen auf Eisenbahnen.

Wir haben gesagt, dafs wir, um die Abhandlung über die Dampfwagen zu vervollständigen, die Fahrten derselben auch noch als Gegenstand der Speculation zu betrachten, das heifst, noch die Kosten dieser Transportkraft auf Eisenbahnen zu untersuchen hätten. Diese Untersuchung wird der Gegenstand des gegenwärtigen Anhanges sein.

Wir werden die Data für die Untersuchung den beiden blühendsten Eisenbahn-Unternehmungen in England entlehnen: denen von Liverpool und Darlington. Diese beiden Eisenbahnen werden zugleich, was wir bedürfen, nemlich Beispiele der zwei verschiedenen Arten des Transportes geben; sehr schneller Fahrten, vorzüglich für Personen bestimmt, und langsamer Transporte von Gütern.

Die Kosten des Dampffuhrwerkes insbesondere zerfallen in die Kosten der Erhaltung der Maschinen, der Erhaltung der Strafse, und in die Kosten des Brennstoffes. Aufserdem kommen zwar noch einige andere Ausgaben vor, aber sie sind kein Gegenstand besonderer Discussionen, und es wird hinreichend sein, wenn wir sie in dem am Schlusse dieses Anhanges vorkommenden Ausgaben-Bericht aufführen.

§. 86.

Kosten der Erhaltung der Dampfwagen.

Unter Erhaltung eines Dampfwagens ist die fortwährende Erneuerung desselben zu verstehen. Wenn ein Dampfwagen nicht blofs geringere, sondern bedeutendere Ausbesserungen erfordert, so wird er auseinander genommen, und es wird ein neuer Wagen daraus erbaut, welcher wieder den Namen des vorigen bekommt. Zu diesem neuen Wagen werden alle noch brauchbaren Theile des alten benutzt. Dann ist der Wagen wesentlich eine neue Maschine zu nennen. Die Erhaltungskosten sind auf diese Weise bedeutend; aber sie schliefsen auch zugleich diejenigen neuer Maschinen in sich.

Aus dem Kostenverzeichnisse am Ende dieses Anhanges ist zu ersehen, dafs die Erhaltungskosten der Dampfwagen auf der Liverpooler Bahn in dem Jahre vom 30sten Juni 1833 bis zum 30sten Juni 1834 folgende waren.

In dem Halbjahr vom 30. Juni bis 31. December 1833.			
Für Materialien zu den Ausbesserungen .	25 034 Rthlr.	16 Sgr.	
Arbeitslohn	20 341 -	18 -	
Ausbesserungskosten aufserhalb der Bahnhöfe	4 087 -	27 -	
			58 464 Rthlr. 1 Sgr.
In dem Halbjahre vom 31. Dezember 1833 bis 30. Juni 1834.			
Für Materialien	27 606 Rthlr.	15 Sgr.	
Arbeitslohn	36 216 -	7 -	
			63 822 - 22 -
Zusammen . . .			122 286 Rthlr. 23 Sgr.

Es frägt sich nun, was die Dampfwagen für diese Erhaltungskosten geleistet haben. Zufolge der weiter unten beigefügten Ausgabe- und Einnahme-Rechnungen sind auf der Strafse in den oben genannten Jahren transportirt worden.

Zwischen Liverpool und Manchester, 12819 Ruthen weit, ...	2 746 206 Ctr.
Auf durchschnittlich die halbe Länge der Bahn, nemlich auf die Länge, auf welche die Compagnie den Wigan- und Warrington-Verkehr befördert, und auf die ganze Länge reducirt	245 729 -
Zusammen . . .	2 991 935 Ctr.

Es finden sich in den Betriebs-Rechnungen noch einige andere Transporte aufgeführt, z. B. diejenigen für Bolton und Kohlen-Transporte. Dieselben wurden aber nicht durch die Maschinen der Bahn-Eigenthümer befördert und kommen also hier nicht in Anschlag.

Zu dem obigen Frachtgewichte mufs das Gewicht der Wagen selbst gerechnet werden. Auf der dortigen Eisenbahn ladet ein Wagen, der $29\frac{1}{2}$ Ctr. ($1\frac{1}{2}$ Tonne) wiegt, 69 Ctr. ($3\frac{1}{2}$ Tonne). Es mufs also zunächst zu dem obigen Gewichte dasselbe $\frac{1\frac{1}{2}}{3\frac{1}{2}} = \frac{3}{7}$ mal hinzugethan werden. Sodann ist in der Regel die Hälfte der Zahl der Wagen in einer oder der andern Richtung leer zurück zu bringen, weil nicht immer gerade die Rückfracht der Hinfracht gleich ist. Dieses thut noch den vierten Theil des Gewichtes der Wagen, und folglich ist das gesammte Gewicht folgendes:

Die obige Fracht selbst	2 991 935 Ctr.
Das Gewicht der Wagen dazu, $\frac{3}{7}$ davon, ...	1 282 258 -
Von diesem $\frac{1}{4}$ an Gewicht der leeren Wagen	320 565 -
Thut zusammen . . .	4 594 758 Ctr.

Dieses ist das Gewicht des gesammten Frachtverkehres, zu welchem noch dasjenige des Personenverkehres kommt. Im Laufe des obigen Rechnungsjahres sind 415 747 Personen durch 6570 Fahrten von einem Ende der Bahn bis zum andern transportirt worden. Diese Personenzahl ist nemlich die, welche sich in den Rechnungsbüchern verzeichnet findet. Es ist damit weder die Zahl der unterwegs abgesetzten, noch die Zahl der unterwegs aufgenommenen Reisenden mitbegriffen, welche Zahlen ungefähr wieder gleich sind. Es kommen also im Durchschnitt 64 Personen auf jede Fahrt. Es sind für diese Reisenden, zusammen mit den für Zufälle vorbehaltenen leeren Wagen, 6 Wagen erster, oder 5 Wagen zweiter Classe bestimmt. Die Wagen erster Classe haben Glasfenster, fassen 18 Personen und wiegen 72 Ctr. Die Wagen zweiter Classe sind offen, fassen 24 Personen und wiegen 44 Ctr. Ein Postwagen (*mail-coach*) wiegt $53\frac{1}{2}$ Ctr. und fasst 10 Personen. Jeder Wagen erster Classe hat aufserdem einen Platz aufserhalb.

Das Gewicht von 6 Wagen erster Classe, mit Einschlufs des Postwagens, ist anzuschlagen auf .	414 Ctr.
Das Gewicht eines Wagenzuges von 5 Wagen zweiter Classe, mit Einschlufs einer Glasfenster-Kutsche, zu	248 -
Auf 13 Wagenzüge erster Classe kommen 16 Züge zweiter Classe. Das durchschnittlich für 64 Personen zu rechnende Gewicht beträgt also . .	323 -

Das für den Personenverkehr zu rechnende Gewicht ist daher folgendes:

415 747 Personen, im Durchschnitt zu $144\frac{1}{2}$ Pfd. gerechnet, ...	546 312 Ctr.
Das Gewicht der Wagen für dieselben	2 123 753 -
An Gepäck, 27 Pfd. auf die Person gerechnet, ...	102 435 -
Zusammen	2 772 500 Ctr.

Das gesammte, von den Dampfwagen der Gesellschaft in Jahresfrist transportirte Gewicht beträgt also:

An Frachtgütern .	4 594 758 Ctr.
An Personen .	2 772 500 -
Im Ganzen . . .	7 367 258 Ctr.

Nun ist (§. 85.) bemerkt worden, dafs es wegen des vermehrten Widerstandes gegen die Zugkraft auf den Abhängen der Bahn eben so viel ist, als wenn die Ladung statt 12 819 Ruthen auf der wirklichen Bahn, 14 741 Ruthen weit auf einer **horizontalen** Bahn zu transportiren wäre. Da nun 1 Ctr. 14 741 Ruthen weit transportirt, so viel ist als 7,3705 Ctr. 1 Meile weit, so ist der Transport der obigen 7 367 258 Ctr. auf der wirklichen Bahn so viel als das 7,3705fache davon, oder 54 300 375 Ctr. 1 Meile weit auf horizontaler Bahn.

Von den obigen 122 286 Rthlr. 23 Sgr. Kosten der Erhaltung der Dampfwagen kommen also

0,81 Silberpfennige auf den Centner 1 Meile weit zu transportiren.

Die **Personenwagen** machten bei diesem Transporte 6570 Fahrten mit 8546 Ruthen und die **Frachtwagen** 5086 Fahrten mit 5341 Ruthen Geschwindigkeit in der Stunde. Die mittlere Geschwindigkeit also war 6943 Ruthen in der Stunde.

Wir haben oben berichtet, dafs die Liverpooler Bahn jetzt 30 Dampfwagen besitzt. Man darf aber daraus nicht schliefsen, dafs diese Zahl zu der oben beschriebenen Transportmasse nothwendig ist. Etwa der dritte Theil der vorhandenen Maschinen wird gar nicht gebraucht. Dieser dritte Theil besteht aus den ältesten Maschinen, die in der ersten Zeit der Bahn gebaut wurden, als es noch an hinreichender Erfahrung in der Dampfwagenfahrt fehlte und die nun jetzt nicht mehr den von ihnen verlangten Wirkungen angemessen befunden werden. Die Zahl der jetzt im Dienst befindlichen Dampfwagen beträgt nur 10 oder 11, und mit diesen, und noch eben so vielen dazu, zur Reserve, kann die Transportmasse vollständig befördert werden. So ist es jetzt wirklich der Fall, und die übrigen Maschinen sind aufgegeben.

Wir fügen hier noch eine Angabe hinzu, welche zeigen wird, was die Liverpooler Maschinen täglich zu leisten vermögen, so wie die Verbesserungen, welche ihnen in den letzten Jahren rücksichtlich ihrer Haltbarkeit zu Theil geworden sind.

Tafel der Leistungen der zehn besten Dampfwagen auf der Liverpooler Eisenbahn in den Jahren 1831, 1832 und 1833 und in den ersten 12 Wochen des Jahres 1834.

Jahr.	Name des Dampfwagens.	Länge des ganzen von dem Wagen durchlaufenen Weges. Meilen.	Der Wagen hat theils gefahren, theils in der Ausbesserung zugebracht Wochen.
1831.	*Mercury*	4959	52
	Jupiter	4813	44
	Planet	4359	52
	Saturn	4168	38
	Mars	3984	50
	Majestic	3900	52
	North-Star	3349	52
	Northumberland	3335	52
	Phoenix	3291	52
	Sun	2870	37
	Zusammen	39028	481
	Wöchentlich im Durchschnitt	81	
1832.	*Vulcan*	5566	52
	Liver	4839	43
	Venus	4372	52
	Etna	4358	52
	Saturn	4340	52
	Vesta	3790	52
	Victory	3650	52
	Planet	3607	52
	Sun	3533	52
	Fury	3334	52
	Zusammen	41389	511
	Wöchentlich im Durchschnitt	81	
1833.	*Jupiter*	6748	52
	Ajax	5590	52
	Firefly	5315	52
	Liver	4943	52
	Pluto	4339	52
	Vesta	4238	52
	Leeds	4137	48
	Saturn	4003	52
	Venus	3920	52
	Etna	3795	52
	Zusammen	47028	503
	Wöchentlich im Durchschnitt	94	
4834.	*Firefly*	1825	12
	Vulcan	1821	12
	Saturn	1557	12
	Liver	1513	12
	Sun	1513	12
	Etna	1401	12
	Leeds	1220	12
	Ajax	1045	12
	Venus	990	12
	Pluto	907	12
	Zusammen	13792	120
	Wöchentlich im Durchschnitt	114	

Unter diesen Maschinen hat der *Liver* 107 Wochen gedient und 11295 Meilen zurückgelegt; im Durchschnitt auf diese ganze Zeit also wöchentlich 105 Meilen. Die *Firefly* hat 57 Wochen gedient, im Ganzen 7140 Meilen und wöchentlich 125 Meilen zurückgelegt, und beide haben in der ganzen Zeit keiner Hauptreparatur bedurft.

Der gröfste Theil der vortrefflichen Liverpooler Dampfwagen ist von Herrn *R. Stephenson*, dem Sohne des wegen seiner vielfachen und wichtigen Verbesserungen in diesem Zweige der Industrie bekannten Herrn *R. Stephenson* erbaut. Der *Liver*, welcher ebenfalls so gut sich bewährt hat, ist ein Werk der Herren *Edw. Bury* und *Kennedie* zu Liverpool.

Die obigen Angaben werden zeigen, auf welche Leistungen von Dampfwagen man rechnen darf, wenn sie sorgfältig und aus guten Materialien erbaut sind. Auch ist kein Zweifel, dafs mit der Zeit nicht noch fernere Verbesserungen daran gefunden werden.

Um auch ein Beispiel der Erhaltungskosten von Dampfwagen unter andern Umständen und von anderer Construction zu geben, wollen wir auch Nachricht von den Leistungen und den Erhaltungskosten der Dampfwagen auf der Darlingtoner Bahn während des nemlichen Jahres, vom 30. Juni 1833 bis 30. Juni 1834, mittheilen.

Auf dieser Eisenbahn wurden während des genannten Jahres $5318\frac{1}{2}$ Fahrten von 8546 R. lang bergab gemacht. Bei jeder Fahrt zog der Dampfwagen 1254 Ctr. Kohlen, welches reducirt eine Transportmasse von

28 487 209 Ctr. auf 1 Meile weit giebt.

Da aber hierin nicht das Gewicht der Wagen mitbegriffen ist, auch nicht die zur Zurückschaffung der leeren Wagen bergauf nöthige Kraft, so müssen wir, um die wirkliche Leistung der Dampfwagen zu ermessen, den Gegenstand erst näher erörtern.

Wenn eine Last auf einer horizontalen Bahn fortzuziehen ist, so ist dazu, wie wir oben gesehen haben, der 280ste Theil derselben an Zugkraft nöthig. Geht die Fahrt bergauf, so mufs die nach Verhältnifs zum Hinaufheben der Last nöthige Zugkraft zu der obigen, zur Ueberwindung der Reibung der Fuhrwerke nöthigen Zugkraft addirt werden; geht die Fahrt bergab, so mufs die gleiche Zugkraft subtrahirt werden.

Ist die nemliche Last, welche eine Anhöhe hinaufgezogen wurde, hernach von derselben Höhe wieder hinab zu bringen, so hebt sich, was zu addiren und subtrahiren ist, und es ist im Ganzen nicht mehr Kraft nöthig, als auf horizontaler Bahn. [Hiergegen möchte manches zu erinnern sein. D. H.]

Auch wenn ein Abhang bald steiler, bald flacher ist, kommt es nur auf das durchschnittliche Gefälle an.

Aber dieser Satz, der darauf beruht, dafs der Gang der Maschine hier eben so viel erschwert, als dort erleichtert wird, hört auf, sobald der Abhang stärker ist, als nöthig, um die Reibung zu überwinden, das heifst, stärker als 1 auf 280. Auf stärkeren Abhängen nimmt die Kraft zur Bergfahrt immerfort und schnell zu, während die Kraft zur Thalfahrt, über Null hinaus, nicht mehr abnehmen kann. Also findet die Compensation nicht weiter Statt.

Die Berücksichtigung **durchschnittlicher** Abhänge findet also blofs Statt, insofern die Abhänge für die Thalfahrt nirgend stärker als 1 auf 280 sind. Alle übrigen müssen besonders in Rechnung gebracht werden.

Auf der Darlingtoner Bahn giebt es 8 Stellen, wo der Abhang stärker als 1 auf 280 ist. Der von den Dampfwagen befahrene Theil dieser Bahn fängt am Fufse der Brusseltoner Rampe an und liegt 382 F. hoch über dem Quai von Stockton, wo er endigt. Die Gefälle sind im Einzelnen folgende.

Länge. Ruthen.		Abhang. Fallend 1 auf
196,56	. . .	311
25,64	. . .	325
393,12	. . .	144
619,59	. . .	121
961,43	. . .	528
534,13	. . .	135
431,57	. . .	352
752,05	. . .	135
85,46	. . .	396
747,78	. . .	1584
687,95	. . .	1408
700,77	. . .	204
98,28	. . .	713
893,06	. . .	2192
534,13	. . .	253
12,82	. . .	0
346,11	. . .	226
21,37	. . .	487
341,84	. . .	1584
495,67	. . .	104

Im Ganzen 8879,29 Ruthen.

Thut im Durchschnitt auf die ganze Länge 1 auf 286 Abhang.

Neben der Hauptlinie giebt es noch Seitenarme, die ebenfalls von Dampfwagen befahren werden, aber nicht nivellirt sind. Die ganze befahrene Länge beträgt 10255 Ruthen. Auf den übrigen Theil der Bahn, 6128 Ruthen lang, werden die Lasten durch Pferde und stehende Dampfmaschinen fortgeschafft.

Die Länge der 8 Stellen, wo der Abhang stärker ist als 1 auf 280, beträgt im Ganzen 4371 Ruthen, also beinahe die Hälfte der ganzen Länge. Auf etwa die Hälfte des Weges haben daher die Dampfwagen auf der Darlingtoner Bahn gar keine Zugkraft nöthig. Auf der andern Hälfte, die, auf 4508 Ruthen lang nur etwa 22 F. Gefälle hat, und folglich als ho-

rizontal angesehn werden kann, haben sie eine Zugkraft von 1 auf 280 nöthig. Die überhaupt nöthige Zugkraft beträgt also bei der Thalfahrt 1 auf 560, auf die ganze Länge, oder sie ist, mit andern Worten, so grofs als sie auf die halbe Länge sein würde, wenn dieselbe horizontal wäre. Daraus folgt, wie grofs der Irrthum gewesen sein würde, wenn wir auf den durchschnittlichen Abhang für die ganze Länge, der 1 auf 286 ist, gerechnet und daraus geschlossen hätten, dafs die Zugkraft für die ganze Länge Null sei.

Wir kehren nun zu der obigen Berechnung zurück.

Die Transportmasse bergab war, auf eine Meile Länge reducirt, 28 487 209 Ctr. Hierin war das Gewicht der Wagen nicht begriffen. Ein Wagen wiegt 25,6 Ctr., seine Ladung beträgt 52,2 Ctr. Es kommt also für die Wagen das $\frac{25,6}{52,2}$fache der Transportmasse hinzu, und es beträgt demnach dieselbe, auf eine Meile reducirt, 42 462 069 Ctr.

Nun haben wir gesehen, dafs es sich auf dieser Bahn für die Thalfahrt eben so verhält, als wäre sie nur halb so lang, und horizontal. Also ist die Transportmasse, auf 1 Meile reducirt, die Hälfte des Vorigen und mithin

21 231 035 Ctr.

Für die Bergfahrt ist es nicht nöthig, die Verschiedenheit der Gefälle zu berücksichtigen. Auch kann man, weil das Resultat das nemliche ist, geradezu das durchschnittliche Gefälle von 1 auf 286 in Rechnung bringen; denn es kommt kein Fallen bergauf vor.

Die Wagenzüge bestehen aus 24 leeren Wagen, zusammen 615 Ctr. an Gewicht. Wegen des Bergansteigens kommt zu der Reibung der Wagen ein dem Abhange verhältnifsmäfsiger Widerstand hinzu. Der Dampfwagen wiegt 197 bis 216 Ctr., die beiden halbleeren Munitionswagen wiegen 89 Ctr. Im Ganzen also sind 911 Ctr. bergauf zu ziehen. Diese gesammte Masse setzt der Dampfkraft folgenden Widerstand entgegen.

Reibung der Wagen von 615 Ctr. der 280ste Theil, thut	242 Pfd.
Widerstand der Schwere von 941 Ctr. der 286ste Theil, thut	350 Pfd.
Zusammen	592 Pfd.

Dieses giebt, auf das Gewicht des Wagenzuges von 615 Ctr. vertheilt, in runder Zahl 1 auf 112. Zur Ueberwindung der Reibung auf horizontaler Bahn ist 1 auf 280 nöthig: also ist hier bergauf $2\frac{1}{2}$ mal so viel Zugkraft nöthig, als auf horizontaler Bahn.

Die Transportmasse bergauf betrug, auf eine Meile reducirt, das $\frac{25,6}{52,2}$fache von 28 487 209 Ctr., und hiervon das $2\frac{1}{2}$fache genommen, giebt für die Bergfahrt, auf 1 Meile reducirt, eine Transportmasse von

34 937 151 Ctr.

Ueberhaupt also beträgt die Transportmasse

bergab	21 231 035 Ctr.
bergauf	34 937 151 Ctr.
zusammen	56 168 186 Ctr. auf 1 Meile.

Es werden dadurch, auf die Meile reducirt, 28 487 209 Ctr. Kohlen transportirt. Es mufs also, um die Wirkung der Dampfwagen, welche sie auf horizontaler Bahn haben würden, aus der Masse, welche sie hier fortschafften, zu finden, die letztere mit $\frac{56168186}{28487209} = 1{,}9718$ multiplicirt werden.

Hiernach kann man den Betrag der Erhaltungskosten der Maschinen schätzen.

Nachdem die Directoren der Darlingtoner Eisenbahn-Unternehmung ihre Maschinen lange auf eigene Rechnung hatten erhalten und ausbessern lassen, beschlossen sie, diese Erhaltung zu verdingen. Im Jahre 1830 übergaben sie die Maschinen drei Unternehmern. Nach dem damals geschlossenen und noch jetzt bestehenden Contracte bezahlt die Compagnie 0,95 Silberpf. für den Preufs. Centner Güter, eine Preufs. Meile weit transportirt. Dafür erhalten die Unternehmer die Maschinen in gutem Stande, liefern die Arbeiter und Materialien dazu, und bezahlen die Maschinenführer, den Brennstoff, das Oel, den Schmier etc. Aufserdem verzinsen sie zu 5 Procent die Kosten der Anschaffung der Maschinen und der ihnen zum Gebrauch übergebenen Werkstätten.

Die den Unternehmern von der Compagnie während des am 30. Juni 1834 endigenden Jahres bezahlte Summe hat 75 647 Rthlr. $7\frac{1}{2}$ Sgr. betragen. Zieht man davon die Zinsen etc. ab, so findet sich, nach der Rechnung der Directoren, dafs sich die eigentlichen Kosten der Erhaltung der Maschinen und der Roste der Feuer-Essen, den Gewinn der Unternehmer eingeschlossen, auf 38 219 Rthlr. 14 Sgr. belaufen.

Diese Summe ist für die obigen 56 168 186 Ctr. auf eine Meile horizontaler Bahn reducirte Transportmasse bezahlt worden. Also kostet der Centner auf die Meile, mit Einschlufs des Gewinns der Unternehmer,

0,2446 Silberpfennige.

Zur Vervollständigung dessen, was wir hier über diesen Gegenstand gesagt haben, und zur Uebersicht der Leistungen der Dampfwagen auf der Darlingtoner, so wie auf der Liverpooler Bahn, fügen wir noch folgende Tafel der Transportmassen und der Erhaltungskosten der Maschinen innerhalb der 5 letzten Monate des Jahres 1833 bei.

No. des Dampfwagens.	Name des Dampfwagens.	Zahl der von der Maschine zurückgelegten Meilen.	Die Maschine hat an Kohlen, auf 1 Meile reducirt, bergab transportirt Centner.	Thut, mit Einschlufs der Wagen, auf die Meile horizontaler Bahn reducirt, Centner.	Die Maschinen waren in Thätigkeit Tage.	in der Reparatur Tage.	Reparaturkosten in der ganzen Zeit. Rthlr.	Sgr.	Thut für den Centner auf die Meile horizontaler Bahn, Silberpf.	Anmerkungen.
1.	*Locomotion.*	1132	614870	1212364	80	52	279	26	0,083	Der Kessel hat einen Rauchfang und zwei zurückkehrende Röhren.
2.	*Hope.*	662	346596	683385	63	69	381	24	0,202	Der Kessel hat blofs einen Rauchfang.
3.	*Black Diamond.*	214	113363	223518	27	105	93	14	0,150	Desgl.
4.	*Diligence.*	17	8026	15825	2	130	92	22½	2,111	Die Maschine ist auseinander genommen.
5.	*Royal George.*	150	99818	197055	11	121	1075	26½	1,966	Der Kessel hat einen Rauchfang und eine Röhre.
6.	*Experiment.*	940	515622	1016648	70	62	353	22	0,126	Desgl.
7.	*Rocket.*	842	461168	909286	64	68	380	8	0,150	Desgl.
8.	*Victory.*	2265	1470313	2899011	107	25	387	28½	0,047	Desgl.
9.	*Globe.*	667	297655	586883	60	72	241	15	0,148	Der Kessel hat 120 Röhren.
10.	*Planet.*	256	87128	169624	27	105	355	24	0,755	- - - - 88 - -
11.	*North Star.*	513	200222	394776	55	77	215	8½	0,197	- - - - 88 - -
12.	*Majestic.*	615	380778	750767	47	85	874	2½	0,420	- - - - 104 - -
13.	*Locomotion.*	628	411372	811100	52	80	312	1½	0,138	- - - - 104 - -
14.	*William IV.*	867	566143	1116258	55	77	526	16½	0,171	- - - - 104 - -
15.	*Northumbrian.*	957	605917	1194686	59	73	451	19	0,135	- - - - 104 - -
16.	*Director.*	1252	852718	1681304	91	41	716	29	0,154	Der Kessel hat Röhren nach *Napiers* Art.
17.	*Lord Brougham.*	1021	655794	1293029	62	70	414	8½	0,116	Der Kessel hat 104 Röhren.
18.	*Shildon.*	1008	671253	1323509	63	22	332	2½	0,090	Der Kessel hat einen Rauchfang und zwei Röhren.
19.	*Darlington.*	1320	842687	1661535	88	44	300	5	0,064	Desgl.
20.	*Adelaide.*	791	532244	1049419	71	61	603	26	0,207	Der Kessel hat 104 Röhren.
21.	*Earl Grey.*	1701	1164215	2295473	110	22	99	25	0,017	Wie No. 18. und 19.
22	*Lord Durham.*	1385	900072	1774667	84	48	451	6½	0,092	Der Kessel hat 104 Röhren.
23.	*Wilberforce.*	897	596017	1175163	55	9	345	29	0,107	Desgl.
	Zusammen	20100	12392991	24435285	1403	1518	9290	—	Durchschnitt 0,138	

Die meisten dieser Maschinen sind von Herrn *Thim. Hackworth* zu Shildon bei Darlington gebaut und geben Zeugnifs von dessen Geschicklichkeit. Zwölf von den Maschinen waren zur Zeit dieser Aufnahme fast neu.

§. 87.

Kosten der Erhaltung von Eisenbahnen.

Die Kosten der Erhaltung der Liverpooler Bahn, während des weiter oben benannten Jahres, finden sich in der unten folgenden Rechnungs-Uebersicht angegeben. Es müssen aber davon die Kosten für Auffüllung und für neue Schienen abgezogen werden. Die ersten sind durch das Setzen der Dämme, was nur erst allmälig erfolgen konnte, und die anderen durch Wider-legen der Schienen auf einen Theil der Linie verursacht worden.

Nach diesen Abzügen belaufen sich die Erhaltungskosten der Bahn während des Jahres vom 1. Juni 1833 bis 1. Juni 1834 auf

73687 Rthlr. 15 Sgr.

Während dieses Jahres sind theils durch die Dampfwagen der Compagnie, theils durch fremde Dampfwagen folgende Lasten auf der Eisenbahn transportirt worden:

Längs der ganzen Bahn an Frachten	2 746 206 Ctr.	
Auf die halbe Länge 491458 Ctr.; thut auf die ganze Länge	245 729 -	
Zwischen Bolton und Manchester oder Liverpool 755 716 Ctr.; thut auf die ganze Länge	377 848 -	
Kohlen auf die halbe Länge 1 698 502 Ctr.; thut auf die ganze Länge	849 241 -	
Zusammen		4 219 024 Ctr.
Dazu $\frac{3}{7}$ des Gewichts der Frachten für die Wagen		2 531 423 -
Ferner $\frac{1}{4}$ hievon für leere Wagen		633 861 -
Kutschen und Passagier-Gepäck		2 772 500 -
Zusammen		10 155 808 Ctr.

Da nun die Kosten für die 12 819 Ruthen oder 6,4095 Meilen Länge der Bahn 73 687 Rthlr. 15 Sgr. betragen haben, so hat der Centner auf die Meile gekostet:

0,406 Silberpf.

Hierbei ist nur die eigentliche Hauptlinie der Bahn in Anschlag gebracht. Die Seiten-Arme, als blofse Ergänzungen der Bahn, sind ausgeschlossen.

Auf der Darlingtoner Bahn waren die Erhaltungskosten in dem nemlichen Jahre für die von den Dampfwagen befahrene 10 285 Ruthen lange Strecke folgende:

Für Arbeitslohn	28 353 Rthlr.	10 Sgr.
Für Materialien	13 733 -	10 -
Zusammen	42 086 Rthlr.	20 Sgr.

Die gesammten Erhaltungskosten betrugen:

Für Arbeitslohn:		
auf der 10285 Ruthen langen, von den Dampfwagen befahrenen Strecke	28 353 Rthlr.	10 Sgr.
auf der 6837 Ruthen langen, durch Pferde und stehende Maschinen befahrenen Strecke	7115 -	— -
Für Materialien:		
auf der mit Dampfwagen befahrenen Strecke	13 733 -	10 -
auf der durch Pferde und stehende Maschinen befahrenen Strecke .	3 454 -	$16\frac{1}{2}$ -
Für Ausbesserung der Brücken	465 -	26 -
Für Ausbesserungen der Dämme und Befriedigungen	1869 -	9 -
Nebenkosten .	3 114 -	16 -
Zusammen	58 105 Rthlr.	$27\frac{1}{2}$ Sgr.

Die Kosten für die beiden durch Dampfwagen und durch Pferde und stehende Maschinen befahrenen Strecken lassen sich nur näherungsweise von einander absondern, weil die Compagnie nicht über die beiden einzelnen Strecken Rechnung führt.

Die Transportmasse auf der von Dampfwagen befahrenen Strecke ist in dem nemlichen Jahre folgende gewesen:

Kohlen, auf die ganze Länge der Bahn gerechnet, ...	5 555 821 Ctr.
Dazu der $\frac{1,30}{2,65}$te Theil davon für das Gewicht der Wagen	2 725 491 Ctr.
und das Gewicht der bergaufgehenden Wagen	2 725 491 Ctr.
Zusammen	11 006 803 Ctr.

Es passiren zwar noch einige Postkutschen die Bahn, welche in den letzten Monaten durch die Dampfwagen fortgezogen worden sind. Da aber dieser Gegenstand unbedeutend ist, so haben wir ihn nicht in Rechnung gebracht.

Da nun die 11 006 802 Ctr. 10 285 Ruthen weit zu transportiren 42 086 Rthlr. 20 Sgr. gekostet haben, so kommt auf den Centner für die Meile

0,286 Silberpf.

Hiebei sind, wie oben, die Kreuzungen, Seiten-Arme etc. ausgeschlossen.

Die Erhaltungskosten der Darlingtoner Bahn würden übrigens unfehlbar geringer sein, wenn die Lastwagen auf Druckfedern ruhten, wie bei Liverpool.

Die Erhaltungskosten zu Darlington belaufen sich, wie wir sahen, gleichwohl nur auf zwei Drittheil derer zu Liverpool. Die Ursache davon ist die gröfsere Schnelligkeit der Fahrten auf der Liverpooler Bahn. Doch ist die daraus entstehende Vermehrung der Erhaltungskosten insbesondere mehr für die Dampfwagen selbst beträchtlich. Man mufs indefs nicht glauben, dafs der bedeutende Unterschied der Erhaltungskosten der Dampfwagen auf den beiden Eisenbahnen blofs von der Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Fahrten herrührt. Dieselbe hat zwar allerdings einen bedeutenden Einflufs darauf, aber die Verschiedenheit rührt auch zugleich von derjenigen der Transportgegenstände selbst her. Zur Sicherheit der Personen, deren Verkehr den gröfsten Theil der Transportmasse bei Liverpool ausmacht, mufs weit mehr Sorgfalt auf die Dampfwagen gewendet werden als bei Darlington, wo fast nur Kohlen transportirt werden. In der That werden die Liverpooler Maschinen mit einer Aufmerksamkeit erhalten, die an Luxus grenzt; was bei Darlington unnöthig ist. Die Darlingtoner Bahn ist eine Frachtstrafse, die Liverpooler eine Passagierstrafse.

Die obigen Resultate müssen also nach der Eigenthümlichkeit des Gegenstandes beurtheilt werden. Auf der Darlingtoner Bahn wird langsam und mit Maschinen, welche für den Transport von Frachten eingerichtet sind, gefahren: auf der Liverpooler Bahn schnell und mit Maschinen zum Transport von Personen geeignet.

Noch ist zu bemerken, dafs die Erhaltungskosten der Bahn besonders durch das Ordnen der Steine, Schienenstühle, Keile und Pflöcke entstehen. Das Zerbrechen gewalzter Schienen kommt selten vor, und die Abnutzung derselben durch die Reibung ist unbedeutend. [Also sieht man, dafs die Kostbarkeit der Erhaltung der Bahn fast ganz von der Unfestigkeit der Fundamentirung der Schienen herrührt. D. H.]

Am 10. Mai 1831 wog auf der Liverpooler Bahn eine 14,56 Fufs lange gewalzte Schiene, sorgfältig gereinigt, 171,97 Pfd. [Also der laufende Fufs 11,8 Pfd. D. H.] Am 10. Februar 1833 liefs der Ober-Ingenieur der Bahn, Herr *J. Loke*, die Schiene aufnehmen, wieder sorgfältig reinigen und wägen. Sie wog jetzt 170,84 Pfd., und hatte daher in 21 Monaten nur 1,13 Pfd. an Gewicht verloren. Gleichwohl waren in dieser Zeit an $1\frac{1}{5}$ Millionen Centner Lasten über diese Schiene hinweggerollt. Der Verlust an Gewicht betrug also, ungeachtet dieser ungeheuren Frequenz, und ungeachtet der grofsen Schnelligkeit der Fahrten, jährlich nur etwa den 268sten Theil des ursprünglichen Gewichtes, so dafs die Schiene erst in mehr als 100 Jahren bis auf die Hälfte abgerieben werden würde. [Daraus sieht man, dafs die sehr grofse Dicke und Höhe der Schienen, oder gar ein Fufs der Schienen, der dem Kopfe gleich ist, so dafs sich die Schienen, wenn sie oben abgerieben sind, umkehren lassen, für die Bahn keinen wesentlichen Nutzen hat. D. H.]

§. 88.

Kosten der Feuerung.

Wir haben schon im 9ten Capitel dieser Schrift die Resultate der Versuche mitgetheilt, nach welchen sich der Brennstoff, der zur Fortschaffung einer bestimmten Transportmasse nöthig ist, berechnen läfst.

Da indessen das Feuer während der verschiedenen Unterbrechungen der Fahrten erhalten werden mufs, auch sonst hie und da Verluste unvermeidlich sind, so wird in der Praxis allerdings immer etwas mehr Brennstoff erforderlich sein, als die Rechnung angiebt. Der Betrag dieser Zulage wird sich aus folgenden Erfahrungen abnehmen lassen.

Nach den Rechnungen der Liverpooler Bahn kostet der Brennstoff während der ersten Hälfte des Jahres 1834, 40 531 Rthlr. 27 Sgr.; die Zahl der Fahrten war 11 656. Es kamen also 3 Rthlr. 14,32 Sgr. Kosten auf jede Fahrt. Der mittlere Preis der Kohlen war 7 Rthlr. 25 Sgr. [Doch wohl für die Tonne. D. H.] Es waren also zu jeder Fahrt, nach Gewicht gerechnet, 962,47 Pfd. Kohlen nöthig.

In §. 86. haben wir gesehen, dafs die Transportmasse, welche durch die Dampfwagen der Gesellschaft mit jener Zahl von Fahrten von einem Ende der Bahn bis zum andern fortgeschafft worden ist, 7 367 258 Ctr. betragen hat. Die durchschnittliche Ladung für einen Dampfwagen war also 632 Ctr.

Eine Ladung von 632 Ctr., ohne den Munitionswagen, hat daher 962,47 Pfd. Kohlen erfordert. Dieses, auf die Länge der Bahn von 14 741 Ruthen gerechnet, giebt 0,207 Pfd. Kohlen für den Centner auf die Meile horizontaler Bahn. Nach unsern Versuchen (§. 85.) würden für eine Ladung von 632 Ctr. nur 758,84 Pfd. Cokes nöthig gewesen sein. Es folgt also, dafs hier in der Praxis, wegen der aus der Eigenthümlichkeit des Transportes entstehenden mancherlei Verluste an Brennstoff, etwa d e r v i e r t e T h e i l m e h r aufgegangen ist.

Diese Zulage rührt nicht allein davon her, dafs das Feuer jeden Morgen erst angezündet werden mufs, sondern auch von dem Bedürfnifs der Hülfsmaschinen an den Rampen, deren Feuer den ganzen Tag bereit sein mufs, obgleich die Maschinen nur in den ziemlich von einander entfernten Zeitpuncten von einer Fahrt bis zu der andern in Dienst kommen. Diese

Umstände, die Hülfsmaschinen etwa ausgenommen, sind auf einer Bahn von der Art der Liverpooler unvermeidlich.

Auf der Darlingtoner Bahn finden diese Ursachen des Verlustes an Brennstoff nicht Statt; wenigstens nicht in gleichem Maafse.

Nach den Notizen, welche von den Directoren zur Begründung der Contracte sehr sorgfältig geführt werden, kosten die Kohlen, welche zu einer Fahrt eines Dampfwagens nöthig sind, also zum Transport von 24 Wagen, 8646 Ruthen weit bergab, und eben so weit der leeren Wagen bergauf, den Wagenführern 1 Rthlr. 18 Sgr. $1\frac{1}{2}$ Pf., wenn der Preis der Kohlen 1 Rthlr. 20 Sgr. für die Tonne ist. Also werden 2088 Pfd. Kohlen verbraucht.

Die von den Dampfwagen gezogene Nutzlast beträgt für eine Ladung 1254 Ctr. Kohlen bergab. Bergauf giebt es keine Nutzlast. Es werden also 627 Ctr. im Ganzen 17 092 Ruthen weit transportirt.

Dieses Gewicht entspricht, wie wir in §. 86. gesehen haben, einem Brutto-Gewicht auf horizontaler Bahn von $627.1,9717 = 1236$ Ctr. auf dieselbe Länge. Der Bedarf an Kohlen beträgt also auf die Meile horizontaler Bahn 0,204 Pfd. für den Centner Brutto-Fracht. Dieses ist beinahe eben so viel wie bei Liverpool, besonders wenn man berücksichtigt, dafs gute Kohlen etwas wirksamer sind als ein gleiches Gewicht guter Cokes. An Cokes nemlich, aus Newcastler Kohlen in verschlossenen Gefäfsen bereitet, sind, um eine gleiche Masse Wasser in Dampf zu verwandeln, etwa $\frac{14}{13}$ des Bedarfs an Kohlen nöthig.

Dieses Resultat scheint auffallend, da die Kessel der Darlingtoner Maschinen im Allgemeinen weniger Feuer-sparend eingerichtet sind als die Liverpooler. Aber die Schwierigkeit erklärt sich leicht aus der Eigenthümlichkeit der Transporte auf den beiden Strafsen. Auf der Darlingtoner Bahn nemlich fahren die Dampfwagen nie ohne ihre volle Ladung von 1236 Ctr., was, wie wir gesehen haben, für den Bedarf an Brennstoff vortheilhaft ist. Müfsten die Dampfwagen, wie die Liverpooler, mit 632 Ctr. Ladung fahren, so würde der Verbrauch an Brennstoff vergleichsweise gewifs viel gröfser sein. Sodann findet bei Darlington kein Zwischenraum zwischen den Fahrten Statt, und da die Geschwindigkeit und die Ladung unveränderlich sind, so darf auch dem Dampfe nie mehr Spannung gegeben werden, als die Bewegung erfordert. Die Folge davon ist, dafs man zu Darlington niemals das viele Blasen der Ventile bemerkt, welches bei den Liverpoolern Dampfwagen den vierten Theil des erzeugten Dampfes verschwendet.

Dadurch erklärt sich der scheinbare Widerspruch in der Praxis.

§. 89.

Gesammte Transportkosten.

Die übrigen Kosten des Transportes erfordern keine besondere Auseinandersetzung. Die dieselben betreffenden Einzelheiten wird man in den unten folgenden Daten der Liverpooler Eisenbahn finden. Aber die Gesammtheit der Kosten des Dampffuhrwerkes erfordert noch einige Erwägungen.

Gemäfs der Rechnungen der Liverpooler Eisenbahn-Unternehmer, aus den obengenannten Jahren, waren die gesammten Ausgaben folgende:

Im ersten Halbjahre	375 667 Rthlr.	$7\frac{1}{2}$ Sgr.
Im zweiten Halbjahre	460 618 -	19 -
Zusammen	776 285 Rthlr.	$26\frac{1}{2}$ Sgr.

Da es nun aber nur auf diejenigen Kosten ankommt, welche sich insbesondere auf die Dampfwagen beziehen, um dieselben gegen die Leistungen der Wagen vergleichen zu können, so müssen wir von den obigen Summen Folgendes abziehen:

	Im ersten Halbjahre.		Im zweiten Halbjahre.	
1. Zinsen für Anleihen	34 268 Rthlr.	$23\frac{1}{2}$ Sgr.	36 974 Rthlr.	20 Sgr.
2. Kosten der stehenden Dampfmaschinen und Tunnels	8 718 -	25 -	6 576 -	$21\frac{1}{2}$ -
3. Für neue Schienen, als eine ungewöhnliche Ausgabe, ...	1 005 -	$12\frac{1}{2}$ -	21 024 -	24 -
4. Von den Erhaltungskosten der Strafse, nach Ausschlufs derer der neuen Schienen, mufs der zehnte Theil für die Tunnels abgezogen werden, welche nicht von den Dampfwagen befahren werden und deren Länge 641 Ruthen auf die ganze Länge von 13 246 Ruthen beträgt, .	4 183 -	10 -	4 131 -	10 -
5. Von dem Reste der Kosten der Erhaltung der Strafse müssen ferner zwei Fünftheile für die Dampfwagen mit ihren Wagenzügen, welche nicht den Eigenthümern der Eisenbahn gehören, abgezogen werden. Der auf die Dampfwagen der Eigenthümer kommende Verkehr beläuft sich nemlich nach §. 86. auf 7 367 258 Centner für die ganze Linie; der gesammte Verkehr dagegen, gemäfs §. 87., auf 10 155 808 Ctr. Also kommt auf die den Bahn-Eigenthümern nicht zugehörigen Dampfwagen $\frac{2}{5}$ des gesammten Verkehres. Dieses macht	15 059 -	10 -	14 873 -	10 -
Zusammen . .	63 235 Rthlr.	21 Sgr.	83 580 Rthlr.	$25\frac{1}{2}$ Sgr.

	146 816 Rthlr.	$16\frac{1}{2}$ Sgr.
Dieses abgezogen von den obigen	776 285 -	27 -
läfst für den auf die Dampfwagen der Eisenbahnbesitzer kommenden Verkehr	629 469 Rthlr.	10 Sgr.

Nun beträgt dieser Verkehr, auf die Meile reducirt, ... 54 301 990 Ctr.

Also kostet auf der Liverpooler Bahn 1 Ctr. auf die Meile horizontaler Bahn durch Dampfwagen im Durchschnitt 7149 Ruthen weit in der Stunde zu transportiren, und zwar an sämmtlichen dazu nöthigen Ausgaben für Fuhrwerke, Zinsen, Verwaltung etc.

4,16 Silberpfennige.

Auf der Darlingtoner Bahn sind die Frachtkosten bedeutend geringer. Die Eigenthümer schätzen dieselben für den Centner Kohlen bergab zu transportiren auf 2,37 Silberpf. für die Meile, was nach unserer Auseinandersetzung in §. 86. 1,21 Silberpf. auf die Meile horizontaler Bahn ausmacht.

Die Ursache dieses Unterschiedes der Frachtkosten auf den beiden Bahnen liegt, wie schon bemerkt, in der Verschiedenheit der Geschwindigkeiten und der Art der Frachten; wozu auch noch der Unterschied des Preises der Kohlen kommt, der bei Darlington nur 1 Rthlr. 20 Sgr. für die Tonne ist, während die Tonne von den auf der Liverpooler Bahn üblichen Cokes 7 Rthlr. 22½ Sgr. kostet. Der verschiedenartige Transport auf der Darlingtoner Bahn durch Pferde und Dampf gestattet indessen keine so genaue Vergleichung der Kosten mit den Leistungen, wie auf der Liverpooler Bahn. Deshalb gehen wir darauf auch nicht weiter ein.

§. 90.

Ertrag.

Nachdem wir von den Ausgaben gesprochen haben, ist es nöthig, auch einen Blick auf die Einnahmen zu werfen. Ehe wir zu der speciellen Ausgaben-Rechnung der Liverpooler Eisenbahn übergehen, wollen wir einige Angaben, den Ertrag und Gewinn betreffend, ausziehen, den die Unternehmung seit Eröffnung der Bahn gehabt hat. Diese Angaben werden zeigen, dafs, wenn gleich das Dampffuhrwerk grofse Kosten der ersten Einrichtung verursacht hat, doch auch die Actionnairs für ihre Auslagen reichlich und schnell entschädigt worden sind.

Die Liverpooler Eisenbahn wurde dem Verkehr am 16. September 1830 eröffnet. Die Actien sind auf 100 Pfd. Sterling ausgestellt. Seit Eröffnung der Bahn sind folgende Dividenden bezahlt worden. [Doch wohl Zinsen im Ganzen, oder Ertrag des Capitals überhaupt. Zuweilen nennt man auch Dividende den Ertrag über die landesüblichen Zinsen hinaus. D. H.]

Am 31. December 1830	2,000	Procent.
Am 30. Juni 1831	4,500	-
Am 31. December 1831	4,883	-
Am 30. Juni 1832	4,233	-
Am 31. December 1832	4,400	-
Am 30. Juni 1833	4,375	-
Am 31. December 1833, aufser einem Reserve-Fonds von 4,530 Procent,	4.763	-
Am 30. Juni 1834	4,758	-
Zusammen in den 45½ Monaten vom 16. September 1830 bis 30. Juni 1834	33,912	Procent.

Dies macht 9 Procent jährlich, aufser dem bei Seite gelegten Reserve-Fonds, und ungeachtet natürlich bei dem Beginn der Unternehmung aufserordentliche Ausgaben vorgekommen

sind, weil die Unternehmung die erste ihrer Art war, und Versuche und Proben theuer bezahlt werden mufsten, von welchen erst fernere Unternehmungen den Vortheil ziehen werden.

Bei diesen hohen Zinsen sind die Actien der Liverpooler Bahn innerhalb der vier Jahre bis auf 210 Pfd. gestiegen. Die Actien der Darlingtoner Bahn, welche seit 9 Jahren bestehet, tragen 8 Procent Zinsen und haben sich bis auf 300 Procent des jetzigen Verkaufpreises gehoben.

Diese einfachen Thatsachen sagen mehr als ganze Bände, und überheben uns aller weiteren Bemerkungen.

Es wird uns sehr angenehm sein, wenn die bisher gegebenen und die noch beizufügenden Erläuterungen Denen nützlich sein sollten, welche geneigt sein möchten, Speculationen in Eisenbahnen zu unternehmen, die nicht verfehlen können dem Privat-Vermögen sowohl, als dem National-Vermögen ersprießlich zu sein. [Wenn nemlich die Frequenz einer Eisenbahn beträchtlich genug ist; wenn das Terrain nicht unverhältnifsmäfsige Schwierigkeiten macht, und wenn die Unternehmung verständig ausgeführt wird; wozu vorzüglich gehört, dafs man nicht etwa den technischen Theil der Unternehmung als Nebensache, sondern als das was er ist, als eine der ersten Hauptsachen betrachtet, und also auch kein Techniker sich dazu hergiebt, seine Einsicht und Ueberzeugung in technischen Dingen dem Willen von Nicht-Technikern zu unterwerfen. D. H.]

Wir beschliefsen diesen Anhang mit einem Auszuge aus den ausführlichen Einnahme- und Ausgabe-Rechnungen der Liverpooler Eisenbahn-Unternehmung, von dem Anfange derselben an bis jetzt, den 30. Juni 1834.

§. 91.

Auszug aus den Berichten der Directoren der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester, von der Eröffnung der Bahn an, am 16. September 1830, bis zum 30. Juni 1834.

Anlage-Kosten vom Anfange des Werkes an bis zum 31. December 1833
7 265 459 Rthlr. 6 Sgr.

[Es hat also die Meile Bahn 1 Million und 133 545 Rthlr. gekostet! D. H.]

Betriebs-Rechnung.

I. Vom 16. September bis 31. December 1830.

Reiner Gewinn der Unternehmer 96 219 Rthlr. 24 Sgr.

Dividende . 2 Procent.

II. Erste Hälfte des Jahres 1831.

Reiner Gewinn der Unternehmer 202 096 Rthlr. 18½ Sgr.

Dividende . 4½ Procent.

III. Zweite Hälfte des Jahres 1831.

Waaren-Verkehr zwischen Liverpool und Manchester 1 029 354 Ctr.

Verkehr auf der Strafse aus der Umgegend 46 260 Ctr.

Verkehr zwischen Liverpool und dem Anschlusse nach Bolton . . 205 178 Ctr.

Kohlen aus den Gruben von Huyton, Eltonhead und Haydock, durch die Dampfwagen der Unternehmer transportirt, ... 141 876 Ctr.

Kohlen von Huyton, durch die Boltoner Maschinen transportirt, . . . 23 633 Ctr.

In die Bücher der Unternehmer eingetragene Passagiere 256 321.

Zahl der der Personenwagenfahrten, von 12 819 Ruthen lang, ... 2 944.

Desgleichen der Fahrten mit Frachten 2 298.

Desgleichen mit Kohlen 150.

Einnahmen.

1.	Vom Personen-Fuhrwerk	388 990 Rthlr.	— Sgr.	
2.	Von Frachten überhaupt	205 099 -	$6\frac{1}{2}$ -	
3.	Vom Kohlen-Fuhrwerk	4 638 -	$3\frac{1}{2}$ -	
	Zusammen			598 727 Rthlr. 10 Sgr.

Ausgaben.

1.	Bureauxkosten	6 014 Rthlr.	$18\frac{1}{2}$ Sgr.	
2.	Für Kohlen	405 -	4 -	
3.	Kleine Ausgaben	733 -	14 -	
4.	Für Karren	405 -	$26\frac{1}{2}$ -	
5.	Für Erhaltung der Strafse	43 997 -	15 -	
6.	Kosten der Direction	1 986 -	10 -	
7.	Personenfuhrwerk-Bureaux	3 928 -	$17\frac{1}{2}$ -	
8.	Kosten der Transportkraft durch Dampf	81 355 -	5 -	
9.	Für öffentliche Anzeigen	394 -	$13\frac{1}{2}$ -	
10.	An Zinsen von Anleihen	18 249 -	$2\frac{1}{2}$ -	
11.	Miethen	6 001 -	$22\frac{1}{2}$ -	
12.	Vergütigung verlorener oder beschädigter Effecten von Reisenden	1 042 -	14 -	
13.	Kosten des Ingenieurwesens	4 166 -	20 -	
14.	Kosten des Fracht-Transportes . .	69 670 -	$22\frac{1}{2}$ -	
15.	Taxen und Steuern	18 421 -	21 -	
16.	Kosten der stehenden Dampfmaschinen .	1 794 -	26 -	
17.	Kosten der Personen-Fahrzeuge . .	44 729 -	9 -	
18.	Für Waggons	6 533 -	$6\frac{1}{2}$ -	
19.	Vergütigung für beschädigte oder verlorene Waaren	5 242 -	$21\frac{1}{2}$ -	
20.	Kosten der Wege-Polizei	9 938 -	1 -	
21.	An Streitigem	656 -	$18\frac{1}{2}$ -	
22.	Schlechte Schulden	1 171 -	5 -	
	Zusammen			326 839 Rthlr. 14 Sgr.

Bleibt an reinem Gewinn vom 1. Juli bis 31. December 1831 . 271 887 Rthlr. 26 Sgr.

Dividende . $4\frac{1}{2}$ Procent.

Reiner Gewinn von Fuhrwerk an den Sonntagen 0,383 Procent.

IV. Erste Hälfte des Jahres 1832.

Fracht-Verkehr zwischen Liverpool und Manchester	1 067 790 Ctr.
Verkehr zwischen einzelnen Puncten der Strafse	73 066 Ctr.
Verkehr zwischen Liverpool und dem Anschlusse von Bolton	290 137 Ctr.
Durch die Dampfwagen der Gesellschaft transportirte Kohlen	434 515 Ctr.
Durch die Boltoner Dampfwagen transportirte Kohlen	146 073 Ctr.
In die Bücher der Unternehmer eingetragene Passagiere	174 122.
Zahl der Fahrten der Personenwagen	2 636.
Desgleichen der Fahrten mit Frachten	2 248.
Desgleichen mit Kohlen	234.

Einnahmen.

1. Vom Personenfuhrwerk	266 964 Rthlr. 26 Sgr.	
2. Von Frachten überhaupt	216 518 - -	
3. Vom Kohlentransport	14 562 - 15 Sgr.	
Zusammen		498 045 Rthlr. 11 Sgr.

Ausgaben.

1. An schlechten Schulden		2 628 Rthlr. 16 Sgr.	
2. An Kosten des Personen-Fuhrwerkes:			
Löhne der Auf- und Ablader und Wagenmeister	7361 Rthl. 15 Sgr.		
Packwagen und Lohn der Führer derselben	1 696 - 24 -		
Omnibus und Abgaben	7 213 - 16 -		
Ausbesserungen und Materialien	11 849 - 23 -		
Für Gas, Oel, Talg etc.	1 524 - 25 -		
Bureaux-Bedürfnisse u. verschiedene Ausgaben	2 940 - 16 -		
		32 586 Rthlr. 29 Sgr.	
3. An Kosten des Frachtfuhrwerkes:			
Gehalte	11 661 Rthl. 28½ Sgr.		
Lohn der Wagenmeister	25 746 - 26½ -		
Lohn der Leute beim Hemmen	3 075 - 7½ -		
Für Oel, Talg, Seile etc.	3 077 - 15 -		
Bis hierher	43 561 Rthl. 17½ Sgr.	35 215 Rthlr. 15 Sgr.	498 045 Rthlr. 11 Sgr.

	Bis hierher	43 561 Rthl. 17½ Sgr.	35 215 Rthlr. 15 Sgr.	498 045 Rthlr. 11 Sgr.
	Für Blockwagenfuhrwerk	5 392 - 4 -		
	Reparaturen an Winden, Blockwagen etc.	1 091 - 19½ -		
	Bureaux-Bedürfnisse u. verschiedene Ausgaben . . .	3 356 - 26½ -		
			53 402 - 7½ -	
4.	Für Kohlenfuhrwerk		176 - 8½ -	
5.	Für Fuhrwerk in Manchester (*cartage* (Manchester))		9 468 - 7½ -	
6.	Directions-Kosten		2 058 - — -	
7.	Entschädigungen beim Personenfuhrwerk		676 - 27½ -	
8.	Desgleichen beim Frachtfuhrwerk . .		1 923 - 12½ -	
9.	Gehalte bei der Personenfuhrwerks-Verwaltung . . .	3 824 Rthl. 11 Sgr.		
	Miethen und Steuern bei derselben . . .	710 - — -		
			4 534 - 11 -	
10.	Kosten des Ingenieurwesens . . .		3 469 - 20 -	
11.	Zinsen von Anleihen		39 778 - 9 -	
12.	Kosten der Dampfkraft:			
	Für Brennstoff und Wasser . . .	19 716 Rthl. — Sgr.		
	Für Oel, Talg, Hanf etc.	3 381 - 1 -		
	Für Reparaturen, Arbeitslohn und Materialien . . .	39 648 - 24 -		
	Lohn der Machinisten	7 806 - 6½ -		
			70 552 - 1½ -	
13.	Erhaltung der Strafse:			
	An Löhnen . .	26 196 - — -		
	Für Schienentragesteine, Unterlagen, Schienenstühle etc.	17 790 - 22½ -		
	Für Auffüllung .	4 886 - 52½ -		
			48 873 - 15 -	
	Bis hierher		270 148 Rthlr. 15 Sgr.	498 045 Rthlr. 11 Sgr.

		Bis hierher	270 148 Rthlr. 15 Sgr.	498 045 Rthlr. 11 Sgr.
14.	Bureaux:			
	An Gehalten . .	4 349 Rthl. 12 Sgr.		
	Miethen und Steuern	516 - 11½ -		
	Bureaux-Bedürfnisse	543 - 15 -		
			5 409 - 11½ -	
15.	Kosten der Wege-Polizei und der Barrieren		9 043 - 9 -	
16.	Kleine Ausgaben		500 - 10 -	
17.	Verschiedene Miethszinsen		12 267 - 8½ -	
17.	Stehende Dampfmaschinen:			
	Neue Seile in den Tunnels	2 203 Rthl. 16½ Sgr.		
	Für Kohlen . .	1 769 - — -		
	Löhne	1 936 - 17½ -		
	Reparaturen, Oel, Talg, Hanf etc. .	1 102 - 27½ -		
			7 012 - 1½ -	
19.	Taxen und Steuern		7 398 - 7½ -	
20.	Kosten der Waggons, Schmiede- und Stellmacher-Arbeiten	3 908 Rthl. 26 Sgr.		
	Für Eisen, Holz etc.	1 766 - 27½ -		
	Für Wachstuch, Anstrich, Packtuch etc.	1 036 - 28½ -		
			6 712 - 21 -	
			318 471 Rthlr. 24 Sgr.	
	Abgezogen an Crediten		7 414 - 21 -	
	Bleibt Summe der Ausgaben			311 057 - 3 -
	und reiner Gewinn in 6 Monaten			186 988 Rthlr. 8 Sgr.

Thut an Dividende . 4 Procent.

Reiner Gewinn von dem Fuhrwerke an Sonntagen 0,233 Procent.

V. Zweite Hälfte des Jahres 1832.

Fracht-Verkehr zwischen Liverpool und Manchester 1 221 944 Ctr.

Desgleichen zwischen verschiedenen Puncten der Strafse, einschliefslich den Verkehr mit Warrington und Wigan 118 479 Ctr.

Verkehr zwischen Liverpool und Bolton 371 265 Ctr.

Kohlen-Transport von verschiedenen Puncten der Strafse von Liverpool und Manchester . 787 232 Ctr.

In die Bücher der Unternehmer eingetragene Personen 182 823.

Zahl der Fahrten der Personenwagen, 12 819 Ruthen lang, ... 3 363.

Desgleichen der Fahrten mit Frachten 1 679.

Und mit Kohlen . 211.

Einnahmen.

1. Vom Personen-Fuhrwerk	287 468 Rthlr. 29 Sgr.			
2. Vom Fracht-Fuhrwerk	233 184 - 6 -			
3. Vom Kohlen-Fuhrwerk	18 694 - $13\frac{1}{2}$ -			
Zusammen				539 347 Rthlr. $18\frac{1}{2}$ Sgr.

Ausgaben.

1. Schlechte Schulden		542 Rthlr.	— Sgr.	
2. Kosten des Personen-Fuhrwerks:				
Lohn der Lader und Wagenmeister .	7 826 Rthl. 15 Sgr.			
Packwagen und Lohn ihrer Führer . .	2 504 - 23 -			
Materialien zu Reparaturen . . .	3 093 - 27 -			
Arbeitslohn . .	4 092 - 21 -			
Für Gas, Oel, Talg etc.	1 550 - 16 -			
Steuern auf die Passagiere (*duty on passengers*) . .	6 573 - 1 -			
Bureaux-Bedürfnisse und kleine Ausgaben	2 766 - 16 -			
		23 407 -	29 -	
3. Kosten des Fracht-Fuhrwerkes:				
Gehalte	12 151 Rthl. $1\frac{1}{2}$ Sgr.			
Lohn der Führer und Lader etc. . .	26 169 - $3\frac{1}{2}$ -			
Für Gas, Oel, Talg, Seile etc. . .	1 977 - 6 -			
Reparaturen an Winden, Blockwagen etc.	2 654 - 19 -			
Bureaux-Bedürfnisse und kleine Ausgaben	3 604 - 14 -			
		46 556 -	14 -	
4. Für Kohlen		180 -	$28\frac{1}{2}$ -	
5. Für Fuhrwerk in Manchester		18 299 -	16 -	
6. Directions-Kosten		1 967 -	— -	
7. Entschädigungen beim Personen-Fuhrwerk		1 398 -	$19\frac{1}{2}$ -	
8. Desgleichen beim Fracht-Fuhrwerk		1 006 -	19 -	
Bis hierher		69 951 Rthlr.	7 Sgr.	539 347 Rthlr. $18\frac{1}{2}$ Sgr.

Nr.	Posten	Rthl.	Sgr.	Rthl.	Sgr.	Rthl.	Sgr.
	Bis hierher	69 951	7			539 347	18½
9.	Personenfuhrwerks-Bureaux:						
	An Gehalten . .	3 707	28½				
	Miethen und Taxen	505	1½				
				4 213	—		
10.	Kosten des Ingenieurweseus			3 000	—		
11.	Zinsen für Anleihen			30 371	26		
12.	Kosten der Dampfkraft:						
	Für Brennstoff und Wasser . . .	25 656	26½				
	Für Oel, Talg, Hanf etc.	4 407	7½				
	Zu Reparaturen, für Materialien . .	24 823	6				
	An Arbeitslohn .	22 352	1½				
	Lohn der Machinisten und Feuer-Schürer	7 070	15				
				84 309	26½		
13.	Streitiges			787	26½		
14.	Erhaltung der Strafse:						
	Löhne	24 505	14				
	Schienensteine, Unterlagen, Stühle etc.	15 705	21				
	Für Auffüllung .	5 643	17½				
				45 854	22½		
15.	Kleine Ausgaben			449	20		
16.	Verschiedene Miethen			8 308	10		
17.	Kosten der stehenden Dampfmaschinen und Tunnels:						
	Für Kohlen . . .	1 398	12½				
	Lohn der Maschinisten und der Leute beim Hemmen . . .	2 109	4				
	Für Reparaturen; für Gas, Oel, Talg etc.	2 178	6				
				5 685	12½		
18.	Taxen und Steuern			23 226	1		
19.	Ausgaben für Waggons:						
	Schmiede- und Stellmacher-Arbeiten	6 428	2½				
	Bis hierher	6 428	2½	276 149	2½	539 347	18½

Bis hierher 6 428 Rthl. 2½ Sgr.	276 149 Rthlr. 2½ Sgr.	539 347 Rthlr. 18½ Sgr.	
Für Eisen, Holz etc. 2 337 - 18½ -			
Für Wachs beim Anstrich, Packtuch etc. 206 - 20 -			
	6 431 - 2½ -		
20. Bureaux-Kosten:			
Gehalte . . . 4 159 Rthl. 10 Sgr.			
Miethe 566 - 20 -			
Bureaux-Bedürfnisse 123 - — -			
	4 849 - — -		
20. Kosten der Wege-Polizei	6 018 - 24½ -		
Zusammen		321 856 Rthlr. 8½ Sgr.	

Bleibt an reinen Gewinn für 6 Monate 217 491 Rthlr. 10 Sgr.
Dividende . 4,2 Procent.
Reiner Gewinn von dem Fuhrwerk an Sonntagen 0,2 Procent.

VI. Erste Hälfte des Jahres 1833.

Frachtverkehr zwischen Liverpool und Manchester 1 345 903 Ctr.
Verkehr zwischen verschiedenen Puncten der Strafse, einschliefslich den von Warrington und Wigan 171 717 Ctr.
Verkehr zwischen Liverpool, Manchester und Bolton 383 583 Ctr.
Kohlen von verschiedenen Puncten nach Liverpool und Manchester . 815 517 Ctr.
In die Bücher der Unternehmer eingetragene Personen 171 421.
Zahl der Fahrten der Personenwagen, 12 819 R. lang, ... 3 262.
Desgleichen der Fahrten mit Frachten 2 244.

Einnahmen.

1. Vom Personenfuhrwerk	294 205 Rthlr. 21½ Sgr.	
2. Vom Frachtfuhrwerk	262 012 - 12½ -	
3. Vom Kohlenfuhrwerk	17 591 - 27½ -	
		573 810 Rthlr. 1½ Sgr.

Ausgaben.

1. Für öffentliche Anzeigen		336 Rthlr. 6 Sgr.	
2. An schlechten Schulden		1 179 - 15 -	
3. Kosten des Personenfuhrwerks:			
Lohn der Lader und Wagenführer .	7 668 Rthl. — Sgr.		
Packwagen, Pferde und Lohn der Führer	2 679 - 15 -		
Bis hierher	10 347 Rthl. 15 Sgr.	1 515 Rthlr. 21 Sgr.	573 810 Rthlr. 1½ Sgr.

Bis hierher	12 906 Rthl.	4 Sgr.	1 515 Rthlr.	21 Sgr.	573 810 Rthlr.	1½ Sgr.
Zu Reparaturen, für Materialien . .	2 558 -	19 -				
Arbeitslohn . .	5 056 -	25 -				
Für Gas, Oel, Talg, Seile . . .	2 161 -	10 -				
Steuer auf die Passagiere . . .	16 445 -	3½ -				
Bureaux - Bedürfnisse und kleine Ausgaben . .	1 578 -	15 -				
Taxen auf Bureaux, Stationen etc. .	752 -	23½ -				
			38 900 -	21 -		
4. Kosten des Frachtfuhrwerks:						
Gehalte der Agenten und Diener	11 359 Rthl.	5 Sgr.				
Lohn der Führer, der Leute beim Hemmen, so wie für Pferde . .	31 249 -	26 -				
Für Gas, Oel, Talg, Seile etc. . .	4 321 -	19 -				
Reparaturen an Winden, Blockwagen etc.	2 704 -	11 -				
Bureaux-Bedürfnisse u. kleine Ausgaben	2 243 -	— -				
Taxen, Assecuranzen für die Bureaux und Stationen .	5 320 -	16½ -				
			57 198 -	17½ -		
5. Für Kohlen			805 -	11 -		
6. Fuhrwerk in Manchester			16 405 -	11 -		
7. Kosten der Direction			1 680 -	— -		
8. Entschädigungen beim Personenfuhrwerk			253 -	21½ -		
9. Desgleichen beim Frachtfuhrwerk . .			6 892 -	22½ -		
10. Bureauxkosten beim Personenfuhrwerk:						
Gehalte der Agenten und Diener .	3 852 Rthl.	5 Sgr.				
Miethe und Steuern	685 -	21 -				
			4 535 -	16 -		
Bis hierher			128 185 Rthlr.	21 Sgr.	573 810 Rthlr.	1½ Sgr.

Bis hierher		128 185 Rthlr. 21 Sgr.	573 810 Rthlr. 1½ Sgr.
11. Kosten des Ingenieurwesens		2 945 - 23 -	
12. Zinsen für Anleihen		35 783 - 27 -	
13. Kosten der Dampfkraft:			
Für Cokes, mit Anfuhr, . . .	18 634 Rthl. 24½ Sgr.		
Löhne für das Laden der Cokes und des Wassers .	2 258 - 28½ -		
Für Gas, Oel, Talg, Hanf etc. . .	5 071 - 21½ -		
Für kupferne und messingene Röhren, für Eisen, Holz etc. zu den Reparaturen . .	21 936 - 6½ -		
Arbeitslohn bei den Reparaturen .	27 433 - 16½ -		
Löhne der Maschinisten und Feuerschürer . . .	5 948 - 3½ -		
Reparaturen an den Dampfwagen ausserhalb der Werkstätten . . .	6 288 - 26½ -		
Für 2 neue Dampfwagen, den *Leeds* und den *Firefly*,	10 533 - 10 -	98 105 - 17½ -	
14. Erhaltung der Bahn.			
Für Arbeitslohn .	24 326 Rthl. 4½ Sgr.		
Für Steine, Unterlagen, Schienenstühle etc.	13 681 - 29 -		
Für Auffüllung und Austrocknung .	6 754 - 29 -	44 763 - 2½ -	
15. Bureauxkosten.			
Gehalte . . .	4 166 Rthl. 10 Sgr.		
Miethe und Steuern	419 - 15 -		
Bureaux-Bedürfnisse	389 - 24 -	4 965 - 19 -	
Bis hierher		314 751 Rthlr. 22½ Sgr.	573 810 Rthlr. 1½ Sgr.

			Bis hierher	314 751 Rthlr. 22½ Sgr.	573 810 Rthlr. 1½ Sgr.	
16. Kosten der Wege-Polizei				6 334 - 26 -		
17. Kleine Ausgaben				466 - 20 -		
18 Verschiedene Miethen				5 011 - 26½ -		
19. Ausbesserung der Barrieren u. Befriedigungen				1 974 - 20 -		
20. Kosten der stehenden Dampfmaschinen und der Tunnels:						
Für Kohlen . .	1 036 Rthl. 1 Sgr.					
Für die Leute bei den Maschinen und dem Hemmen . . .	2 422 - 28½ -					
Für Reparaturen, Gas, Oel, Talg etc. .	2 271 - 29 -					
				5 730 - 28½ -		
21. An Taxen und Steuern				12 606 - 26 -		
22. Kosten der Waggons:						
Für Schmiede- und Stellmacher-Arbeit	3 987 Rthl. 21 Sgr.					
Für Eisen, Holz etc.	2 133 - 23 -					
Für Seile, Anstrich, Packtuch etc. .	549 - 2½ -					
				6 670 - 16½ -		
23. Fuhrwerk in Liverpool				121 - 15 -		
			Zusammen		352 669 - 19 -	
Bleibt an reinem Gewinn in 6 Monaten					221 140 Rthlr. 12½ Sgr.	
Dividende .					4,2 Procent.	
Reiner Gewinn von dem Fuhrwerk an den Sonntagen					0,175 Procent.	

VII. Zweite Hälfte des Jahres 1833.

Frachtverkehr zwischen Liverpool und Manchester	1 375 902 Ctr.
Desgleichen zwischen verschiedenen Puncten der Linie, einschliefslich denjenigen von Warrington und Wigan	191 841 Ctr.
Desgleichen zwischen Liverpool, Manchester und Bolton	368 742 Ctr.
Kohlen von verschiedenen Puncten nach Liverpool und Manchester .	791 056 Ctr.
Zahl der in die Bücher der Unternehmer eingetragenen Passagiere . . .	215 071.
Zahl der Fahrten der Personenwagen von 12 819 R. lang	3 253.
Zahl der Fahrten mit Frachten	2 587.

Einnahmen.

1. Vom Personenfuhrwerk	364 568 Rthlr. 29½ Sgr.	
2. Vom Frachtfuhrwerk	266 385 - 16½ -	
3. Vom Kohlenfuhrwerk	17 275 - 15 -	
Zusammen		648 230 Rthlr. 1 Sgr.

Bis hierher 648 230 Rthlr. 1 Sgr.

Ausgaben.

1. Für öffentliche Anzeigen			43 Rthlr.	10 Sgr.
2. Schlechte Schulden			2 496 -	21 -
3. Kosten des Personenfuhrwerks:				
Lohn der Lader und Wagenführer	7 778 Rthl.	5 Sgr.		
Für Packwagen, Pferde und Lohn der Führer	2 407 -	6 -		
Zu Reparaturen, für Materialien . . .	4 594 -	15 -		
Arbeitslohn . . .	6 940 -	12½ -		
Für Gas, Oel, Talg, Seile etc. . . .	1 308 -	9 -		
Steuer auf die Passagiere	21 497 -	9 -		
Bureaux-Bedürfnisse u. kleine Ausgaben . .	1 848 -	4 -		
Steuern auf die Bureaux, Werkstätten etc. .	773 -	16½ -		
Livree der Wagenmeister	431 -	20 -	47 592 -	7½ -
4. Kosten des Frachtfuhrwerks:				
Gehalte der Agenten und Diener	11 525 Rthl.	17½ Sgr.		
Lohn der Führer und Leute beim Hemmen, so wie für Pferde .	33 375 -	18½ -		
Für Gas, Oel, Talg, Seile etc. . . .	3 532 -	10 -		
Reparatur der Werkstätten, der Winden, Blockwagen etc. .	2 443 -	9 -		
Bureaux-Bedürfnisse u. kleine Ausgaben .	2 861 -	21 -		
Taxen und Assecuranzen der Bureaux und Stationen . . .	3 045 -	26 -		
Für Kornsäcke . .	734 -	18½ -	57 519 -	— -
5. Für Kohlen			546 -	27½ -

Bis hierher 108 198 Rthlr. 6 Sgr. 648 230 Rthlr. 1 Sgr.

		Bis hierher	108 198 Rthlr. 6 Sgr.		648 230 Rthlr. 1 Sgr.
6.	Fuhrwerk in Manchester		21 159 - 10 -		
7.	Directionskosten		2 086 - — -		
8.	Entschädigungen beim Personenfuhrwerk .		948 - 6½ -		
9.	Desgleichen beim Frachtfuhrwerk . . .		1 490 - 9 -		
10.	Bureauxkosten beim Personenfuhrwerk:				
	Gehalte der Agenten und Diener	4 015 Rthl. 16½ Sgr.			
	Miethe	200 - — -			
			4 215 - 16½ -		
11.	Kosten des Ingenieurwesens		2 127 - 23½ -		
12.	Zinsen für Anleihen		34 268 - 23½ -		
13.	Kosten der Dampfkraft:				
	Für Cokes mit Anfuhre	21 314 Rthl. 23½ Sgr.			
	Löhne für das Laden der Cokes und des Wassers . . .	2 322 - 24 -			
	Für Gas, Oel, Talg, Hanf, Seile etc. .	5 771 - 17½ -			
	Für Messing, Kupfer, Eisen, Holz etc. zu den Reparaturen .	25 034 - 16 -			
	Arbeitslohn bei den Reparaturen . . .	29 341 - 18½ -			
	Lohn der Maschinisten und Feuerschürer .	5 229 - 14 -			
	Reparaturen an den Dampfwagen ausserhalb der Werkstätten	4 087 - 27½ -			
			93 102 - 21 -		
14.	Erhaltungskosten der Bahn:				
	Löhne der Dammsetzer, Zimmerleute etc. .	19 586 Rthl. 11½ Sgr.			
	Für Steine, Träger, Unterlagen, Keile, Schienenstühle etc. . .	16 074 - 3½ -			
	Für Auffüllung und Abtrocknung . . .	6 172 - 9 -			
	Für neue Schienen .	1 005 - 12½ -			
			42 838 - 6½ -		
		Bis hierher	310 435 Rthlr. 22½ Sgr.		648 230 Rthlr. 1 Sgr.

Bis hierher		310 435 Rthlr. 22½ Sgr.	648 230 Rthlr. 1 Sgr.
15. Bureauxkosten:			
Gehalte	4047 Rthl. 10 Sgr.		
Miethen und Steuern	504 - 22½ -		
Bureaux - Bedürfnisse und Druckkosten .	149 - 6½ -		
Stempelsteuern . .	114 - 2½ -	4 815 - 11½ -	
16. Kosten der Wege-Polizei		6 815 - 25 -	
17. Kleine Ausgaben		413 - 5 -	
18. Verschiedene Miethen		4 023 - 16½ -	
19. Reparatur an den Dämmen und Befriedigungen		4 434 - 13½ -	
20. Kosten der stehenden Dampfmaschinen und Tunnels:			
Für Kohlen . . .	2015 Rthl. 14 Sgr.		
Lohn der Maschinisten und Leute beim Hemmen	2130 - 11½ -		
Für Reparaturen, Gas, Oel, Talg etc. .	2798 - 14½ -		
Neue Seile in den Tunnels	1774 - 15 -	8 718 - 25 -	
21. Taxen und Steuern		22 730 - 10 -	
22. Kosten der Waggons:			
Schmiede- und Stellmacher-Arbeit .	4793 Rthl. 6 Sgr.		
Für Eisen, Holz, Gufswaaren etc. . .	4669 - 21 -		
Für Seile, Anstrich etc.	188 - 11½ -		
Für Wachsleinen, Packtuch etc. .	1088 - 24 -	10 740 - 2½ -	
23. Fuhrwerk in Liverpool		539 - 8½ -	
24. Streitiges		2 001 - 7½ -	
Zusammen			375 667 - 7½ -
Bleibt reiner Gewinn in 6 Monaten			272 562 Rthlr. 23½ Sgr.
Dividende .			4½ Procent.
Reiner Gewinn von dem Fuhrwerk an Sonntagen			0,263 Procent.
Reserve-Fonds aus diesen 6 Monaten			27 256 Rthlr. 5 Sgr.

VIII. Erste Hälfte des Jahres 1834.

Frachtverkehr zwischen Liverpool und Manchester	1 370 304 Ctr.
Zwischen verschiedenen Puncten der Strafse, einschliefslich derjenigen von Warrington und Wigan, ...	299 617 Ctr.
Zwischen Liverpool, Manchester und Bolton	386 974 Ctr.
Kohlen nach Liverpool und Manchester	907 446 Ctr.
Zahl der in die Bücher der Unternehmer eingetragenen Passagiere . . .	200 676.
Zahl der Fahrten, von 12 819 Ruthen lang, mit Personen	3 317.
Desgleichen mit Frachten	2 499.

Einnahmen.

1. Vom Personenfuhrwerk	388 472 Rthlr. 9½ Sgr.	
2. Vom Frachtfuhrwerk	273 919 - 24 -	
3. Vom Kohlenfuhrwerk	19 505 - 9 -	
Zusammen		631 897 Rthlr. 12½ Sgr.

Ausgaben.

1. Für öffentliche Anzeigen		111 Rthlr. 20 Sgr.	
2. An schlechten Schulden		504 - 2½ -	
3. Kosten des Personenfuhrwerks:			
Lohn der Lader und Wagenführer .	7 783 Rthl. 28½ Sgr.		
Für Packwagen, Pferde und Lohn der Führer	2 397 - 20 -		
Für Materialien zu Reparaturen . . .	6 716 - 16 -		
Für Arbeitslohn dazu	8 145 - 4½ -		
Für Gas, Oel, Talg, Seile etc. . . .	2 391 - 25 -		
Steuer auf die Passagiere	20 053 - 29 -		
Bureaux - Bedürfnisse und kleine Ausgaben	1 100 - 24 -		
Taxen, Assecuranzen der Bureaux, Stationen etc. . .	436 - 9 -		
		49 026 - 6 -	
4. Kosten des Frachtfuhrwerks:			
Gehalte der Agenten und Diener . .	11 604 Rthl. 21½ Sgr.		
Lohn der Lader und Leute beim Hemmen, so wie für Pferde etc.	35 982 - 24½ -		
Bis hierher	47 587 Rthl. 15 Sgr.	49 641 Rthlr. 28½ Sgr.	631 397 Rthlr. 12½ Sgr.

Bis hierher	47 587 Rthl.	15 Sgr.	49 531 Rthlr.	28½ Sgr.	631 397 Rthlr.	12½ Sgr.
Für Gas, Oel, Talg, Seile etc. - -	4 725 -	23½ -				
Für Reparaturen an Winden, Blockwagen, Werkstätten etc.	4 774 -	6½ -				
Bureaux-Bedürfnisse u. kleine Ausgaben	1 934 -	11½ -				
An Taxen, Assecuranzen der Bureaux, Stationen etc. .	3 128 -	21½ -				
			62 150 -	19 -		
5. Für Kohlen			300 -	10 -		
6. Fuhrwerk in Manchester			19 922 -	1½ -		
7. Directionskosten			1 932 -	— -		
8. Entschädigungen beim Personenfuhrwerk			174 -	18½ -		
9. Desgleichen beim Frachtfuhrwerk . .			4 302 -	— -		
10. Bureaux-Kosten beim Personenfuhrwerk:						
Gehalte der Agenten und Diener . .	4 100 Rthlr.	19 Sgr.				
Miethe und Steuern	420 -	11 -				
			4 521 -	— -		
11. Kosten des Ingenieurwesens			2 350 -	— -		
12. Zinsen für Anleihen			30 974 -	20 -		
13. Kosten der Dampfkraft:						
Für Cokes, mit Anfuhre	19 217 Rthl.	3½ Sgr.				
Löhne für das Laden der Kohlen und des Wassers .	2 579 -	24 -				
Für Gas, Oel, Talg, Hanf etc. . .	5 879 -	13½ -				
Für kupferne und messingene Röhren, für Eisen und Holz etc. zu den Reparaturen . .	27 606 -	15 -				
Arbeitslohn bei den Reparaturen .	36 216 -	6½ -				
Bis hierher	91 499 Rthl.	2½ Sgr.	182 159 Rthlr.	7½ Sgr.	631 397 Rthlr.	12½ Sgr.

Bis hierher	91 499 Rthl.	2½ Sgr.	182 159 Rthlr.	7½ Sgr.	631 897 Rthlr.	12½ Sgr.
Lohn d. Maschinisten und Feuerschürer	5 578 -	2½ -				
Ein neuer Dampfwagen . . .	4 666 -	20 -				
Für eine Drehbank, für Kessel und Fixum für Reparatur der Schuppen und Stationen .	2 535 -	13½ -	104 279 -	8½ Sgr.		
14. Streitiges			666 -	20 -		
15. Erhaltungskosten der Strafse:						
Für Löhne und kleine Materialien . .	28 140 Rthl.	24 Sgr.				
Für Steine, Unterlagen, Träger etc.	9 886 -	6 -				
Für neue Schienen und Schienenstühle, Pflöcke, Klammern etc. . .	21 024 -	24 -				
Für Auffüllung und Lohn . . .	3 287 -	10 -	62 339 -	4 -		
16. Bureaux-Kosten:						
Gehalte	5458 Rthl.	3½ Sgr.				
Miethen u. Steuern	389 -	10 -	5 847 -	13½ -		
17. Kosten der Wege-Polizei			6 779 -	11 -		
18. Kleine Ausgaben			400 -	— -		
19. Verschiedene Miethen			2 423 -	29 -		
20. Kosten der stehenden Dampfmaschinen und Tunnels:						
Für Kohlen . .	2184 Rthl.	1 Sgr.				
Lohn der Maschinisten und Leute beim Hemmen .	2569 -	— -				
Für Reparaturen, Gas, Oel, Talg etc. .	1823 -	20½ -	6 576 -	21½ -		
Bis hierher			371 470 Rthlr.	26 Sgr.	631 897 Rthlr.	12½ Sgr.

Bayerische Staatsbibliothek München

	Bis hierher	371 470 Rthlr. 26 Sgr.	631 897 Rthlr. $12\frac{1}{2}$ Sgr.
21. An Taxen und Steuern		11 858 - $28\frac{1}{2}$ -	
22. Für Schmiede- und Stellmacher-Arbeit	5154 Rthl. $16\frac{1}{2}$ Sgr.		
Für Eisen, Holz etc.	4857 - $13\frac{1}{2}$ -		
Für Seile, Anstrich etc.	733 - $1\frac{1}{2}$ -		
Für Wachsleinen etc.	1600 - — -		
		12 345 - $1\frac{1}{2}$ -	
23. Reparatur der Barrieren und Befriedigungen		4 293 - 19 -	
24. Fuhrwerk in Liverpool		539 - 5 -	
			400 618 - 19 -

Bleibt an reinem Gewinn in den 6 Monaten	231 278 Rthlr. $23\frac{1}{2}$ Sgr.
Dividende .	$4\frac{1}{2}$ Procent.
Reiner Gewinn von dem Fuhrwerk an den Sonntagen	0,258 Procent.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Guyonneau de Pambour, François Marie,

Des Chev. F. M. G. de Pambour practische Abhandlung über Dampfwagen auf Eisenbahnen

Berlin 1837

BHS III 99
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708388-3